



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

## NOVÉ TECHNOLOGIE PŘI VYTÁPĚNÍ RD

NEW TECHNOLOGIES FOR FAMILY HOUSE HEATING

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Bořil

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2020



## Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **Martin Bořil**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Nové technologie při vytápění RD

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Oblast zásobování rodinných domů teplem je v posledních letech velmi progresivně se rozvíjející sektor energetiky. Legislativní změny, spolehlivost, bezobslužnost, environmentální dopady, investiční a provozní náklady, úspora paliv, to vše jsou aspekty, které ovlivňují výběr vhodné technologie pro vytápění.

#### Cíle bakalářské práce:

Zpracovat rešerši moderních způsobů vytápění RD.  
Zhodnotit výhody a nevýhody jednotlivých technologií.  
Provést základní posouzení vybraných variant pro modelový dům.

#### Seznam doporučené literatury:

BAŠTA, Jiří. Regulace vytápění. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02582-9.  
BROŽ, Karel. Vytápění. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02536-5.  
DOUBRAVA, Jiří. Regulace ve vytápění. 2., upr. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2007. Sešit projektanta – pracovní podklady. ISBN 978-80-02-01951-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

ředitel ústavu

---

Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá novými metodami vytápění rodinných domů. V první části bude provedena rešerše dostupných možností na trhu. V druhé části potom budou poznatky aplikovány na modelový dům, kde bude instalovaný systém porovnán s třemi dalšími systémy vytápění.

### **Klíčová slova**

Vytápění rodinných domů, infrapanely, podlahové topení, tepelné čerpadlo, solární panely.

## **ABSTRACT**

The subject of this bachelors thesis is a new technology for family house heating. The first part will be about searching available solutions on the market. In the second part, this knowledge will be applied to a real house with already installed heating system for comparing with other heating methods.

### **Key words**

Family house heating, heating panels, floor heating, heat pump, solar panels.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BOŘIL, Martin. *Nové technologie při vytápění RD*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124537>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Martin Lisý.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Nové metody při vytápění RD** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Jméno a příjmení

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Martinu Lisému, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce.



## Obsah

1	Úvod .....	11
1.1	Cíle práce .....	11
2	Rešerše .....	12
2.1	Legislativa .....	12
2.2	Kotle na pevná paliva.....	13
2.3	Plynové kotle .....	15
2.4	Elektrokotle.....	16
2.5	Kogenerační jednotky .....	17
2.6	Podlahové topení.....	19
2.6.1	Teplovodní podlahové topení .....	19
2.6.2	Elektrické podlahové topení.....	19
2.6.3	Srovnání teplovodního a elektrického podlahového topení.....	19
2.7	Elektrické sálavé zdroje tepla .....	20
2.7.1	Stropní topení.....	20
2.7.2	Sálavé panely.....	20
2.8	Tepelná čerpadla .....	21
2.8.1	Kompresorová tepelná čerpadla .....	21
2.8.2	Absorpční tepelná čerpadla .....	22
2.8.3	Zhodnocení využití TČ .....	22
2.9	Solární systémy .....	23
2.9.1	Fotovoltaické panely .....	23
2.9.2	Solární kolektory.....	24
2.10	Akumulace energie .....	24
2.10.1	Akumulace tepelné energie .....	24
2.10.2	Akumulace elektrické energie .....	24
2.11	Kombinace systémů.....	25
2.12	Zhodnocení rešerše .....	25
3	Návrh vytápění pro modelový dům .....	26
3.1	Modelový dům.....	26
3.2	Analýza vhodných typů vytápění.....	27
3.3	Počáteční investice .....	28
3.4	Provozní náklady.....	29
3.4.1	Roční náklady .....	29
3.4.2	Plynový kotel + PT .....	29

---

3.4.3	Infrapanely .....	30
3.4.4	Tepelné čerpadlo + PT .....	30
3.4.5	Elektrické podlahové topení.....	30
3.5	Celková bilance .....	31
3.6	Dotace.....	32
3.7	Fotovoltaické panely.....	33
3.7.1	Letní období.....	33
3.7.2	Zimní období.....	33
3.7.3	Celkové roční náklady při použití fotovoltaického systému .....	35
3.7.4	Návratnost fotovoltaických panelů .....	36
3.8	Predikce do budoucna .....	37
3.8.1	Varianta A .....	37
3.8.2	Varianta B .....	38
3.8.3	Porovnání varianty A a B .....	39
3.9	Zhodnocení .....	40
Závěr .....		41
Seznam použitých zdrojů .....		42
Seznam použitých symbolů a zkratk .....		46
Seznam obrázků .....		47
Seznam tabulek .....		48
Seznam příloh.....		49

## 1 Úvod

Vytápění rodinných domů a udržování tepelného komfortu lidé řeší od nepaměti. V historii sice nebyly tak sofistikované systémy jako používáme dnes, ale cíl byl stejný. Udržet v domě přijatelnou teplotu pro pohodlný pobyt. Teplé zázemí domova většina obyvatel vyspělého světa považuje za samozřejmost a součást moderního života. Rodinné domy jsou dnes většinou vytápěny automaticky, není třeba znát technologickou stránku, protože vytápění je intuitivní a funguje na zmáčknutí tlačítka. Popřípadě vyžaduje základní údržbu, kterou zvládne většina uživatelů sama nebo prostřednictvím servisního technika.

Komfortní a jednoduchý provoz je však pouze jeden z aspektů této problematiky. Stejně jako v celém technickém odvětví, i v oblasti vytápění probíhá neustálý vývoj a můžeme sledovat příchod nových technologií. V minulosti se využívaly metody, jejichž cílem bylo uvést vytápěcí systém do provozu tak, aby splnily svůj účel. V poslední době se klade důraz hlavně na účinnost, šetrnost k životnímu prostředí, cenu a další parametry. Tento trend zefektivňování procesů a technologií můžeme ale pozorovat téměř v každé oblasti společnosti.

### 1.1 Cíle práce

Téma této bakalářské práce jsem zvolil z jednoduchého důvodu. V roce 2019 naše rodina začala s realizací přestavby rodinného domu. Starý dům, který stál na parcele, se celý strhl a stavělo se od nuly. Bylo možné navrhnout všechny rozvody, sítě a technologie podle moderních standardů. Již ve fázi vypracování projektu bylo nutné zvolit vhodný typ vytápění. Překvapila mě velká škála možností, a ještě více konečné rozhodnutí – použít jako primární zdroj vytápění v celém domě podlahové vytápění. Sekundárním zdrojem potom budou kamna na dřevo umístěná v hlavním obývacím pokoji.

V první části práce se zaměřím na rešerši dostupných typů vytápění pro RD. Možností vytápění je v dnešní době opravdu mnoho a není možné definovat jedinou správnou volbu. Každá stavba má svá specifika a každý investor jiné požadavky. Je proto dobré mít komplexní přehled o tom, co je na trhu dostupné, a z toho vybírat. V druhé části poznatky aplikuji na modelový dům. Chtěl bych zjistit, zda instalované řešení, v tomto případě elektrické podlahové vytápění, je v dané situaci nejlepší variantou. Toto zhodnocení provedu z několika hledisek. V první řadě se zaměřím na důležité kritérium, kterým je pořizovací cena. Dále zohledním náklady na provoz, jednoduchost ovládání, složitost údržby a další aspekty, které by mohly hrát roli ve finálním výběru metody vytápění. Zhodnocení tak u každé metody napoví její aplikovatelnost na modelový dům a ukáže, zda realizované řešení v podobě elektrického podlahového topení je pro tento dům skutečně to nejlepší.

## 2 Rešerše

### 2.1 Legislativa

Vzhledem k nepříznivým klimatickým změnám a emisím, které produkuje energetický průmysl, probíhá silná regulace ze strany EU. Cílem těchto regulací je snížit produkci emisí, závislost na fosilních zdrojích a zvýšit motivaci k přechodu na udržitelné a obnovitelné zdroje energie. Za tímto účelem byl definován v zákoně č. 406/2000 Sb. pojem **NZEB** (Nearly Zero Energy Building). Od 1. 1. 2020 je možné získat stavební povolení pouze na stavbu, která splňuje podmínky NZEB. Ty jsou specifikované ve vyhlášce č. 78/2013 Sb, novelizované vyhláškou č. 230/2015 Sb.

V poslední době se v této oblasti používá několik podobných pojmů, které se dají lehce zaměnit. [1] [2]

**Nulový dům** spotřebuje méně než  $5\text{ kW/m}^2$  tepla pro vytápění. Celková spotřeba primární neobnovitelné energie by měla být nulová.

**Pasivní dům** spotřebuje méně než  $15\text{ kW/m}^2$  pro vytápění.

**Nízkoenergetický dům** spotřebuje méně než  $50\text{ kW/m}^2$  pro vytápění.

**Dům s téměř nulovou spotřebou energie (NZEB)** žádnou přesnou definici nemá. Směrnice definuje NZEB jako budovy s velmi nízkou spotřebou energie, která je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů. Stanovení konkrétních hodnot se řeší porovnáním s referenční budovou. Výsledné hodnoty musí být nižší než u referenční budovy. Ta by měla mít co nejvíce společných parametrů s hodnoceným domem. Rozdíl vznikne použitím normovaných součinitelů prostupu tepla u obálky referenční budovy. [3]

Konkrétní požadavek je specifikovaný redukčním činitelem požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla  $f_R=0,7$ . Tím se násobí průměrná hodnota součinitele prostupu tepla v referenční budově, který se stanovuje z normy ČSN 730540-2:2011. Tímto požadavkem jsou kladeny větší nároky na tepelnou izolaci nových budov. Vyhláška se dále snaží zvýšit tlak na využití obnovitelných zdrojů snížením využití neobnovitelné primární energie o 25 % vůči referenční budově. Když bude mít ale hodnocená budova dostatečně malou spotřebu, neznamená to nutnost instalace obnovitelných zdrojů energie. [1] [4] [5]

Každý nový dům bude mít tedy svoje konkrétní podmínky jiné. Server tzb-info.cz provedl analýzu téměř 500 domů a zjistil překvapivé výsledky. Celková rozpětí hraničních hodnot měrného tepla pro vytápění se podle této metodiky mohou pohybovat od 24 do  $133\text{ kW/m}^2$ . V 80 % případu byla potřeba měrného tepla vyšší než  $50\text{ kW/m}^2$ , což je hranice pro nízkoenergetický dům. Metodika referenčního domu tedy na projektanty neklade téměř žádný tlak v optimalizaci geometrického tvaru budovy, orientace, míry prosklení nebo zónování. [1] [5]

Od domu s téměř nulovou spotřebou energie se tedy očekává minimální spotřeba. Při současném stavu legislativy ovšem mohou některé domy splnit podmínky NZEB, přestože nečerpají energii z obnovitelných zdrojů nebo mají spotřebu měrného tepla pro vytápění vyšší než nízkoenergetický dům. Bude tedy zajímavé sledovat tuto problematiku do dalších let, zda dojde k upravení podmínek.

## 2.2 Kotle na pevná paliva

Kotle na pevná paliva jsou považovány za tradiční způsob vytápění rodinných domů. Výhodou je nízká pořizovací cena a přijatelné provozní náklady. Výraznou nevýhodou je jejich pracná obsluha a údržba. Z principu funkčnosti se do kotle musí dodávat palivo a odebírat odpad. Nehledě na to, zda je kotel zautomatizován, je vždy potřeba palivo dopravit ke kotli, a to může být u mnoha moderních budov problém. Palivo pro kotle může být z fosilních (neobnovitelných) zdrojů, jako jsou různé druhy uhlí, nebo ze zdrojů obnovitelných, což jsou dřevo, pelety nebo brikety.

Kotle na pevná paliva se dle normy z roku 2012 ČSN EN 3035:2012 dělí do pěti tříd. Kritériem rozdělení je účinnost a emise daného kotle. Po 1. 1. 2020 je možné zakoupit pouze kotle, které splňují požadavky EKODESIGN (pouze pro kotle, pro které EKODESIGN platí. Např. pro kotle na agropelety stačí nadále emisní třída 5). Ty definuje Nařízení Evropské komise 2015/1189 v příloze č.II. Jedná se především o sezónní účinnost (v případě kotlů do 20kW musí být 75 %, u kotlů nad 20kW musí být nad 77 %) a sezónní emise částic, organických plyných sloučenin, oxidů dusíku a oxidu uhelnatého. Definice EKODESIGN je založená na jiné metodice než rozdělení tříd dle ČSN EN 3035:2012, a proto nejdou porovnávat. [6]

V dnešní době už byl zakázán prodej kotlů všech emisních tříd, ale všechny lze zatím legálně používat. Od 1.9.2022 bude zakázán provoz kotlů 1. a 2. emisní třídy (viz obr. 2.1).

Platnost od	Popis nařízení
1. 1. 2014	Zákaz prodeje kotlů 1. a 2. emisní třídy (možnost legálně zakoupit a uvést do provozu pouze kotle 3., 4. a 5. emisní třídy)
1. 1. 2017	Povinnost na vyžádání předložit revizi kotle (včetně označení emisní třídy)
1. 1. 2018	Zákaz prodeje kotlů 3. emisní třídy (možnost legálně zakoupit a uvést do provozu pouze kotle 4. a 5. emisní třídy)
1. 1. 2020	Zákaz prodeje kotlů 4. a 5. emisní třídy (možnost legálně zakoupit a uvést do provozu pouze kotle splňující požadavky EKODESIGN) – pro celou EU
1. 9. 2022	1. 9. 2022 Zákaz používání kotlů 1. a 2. emisní třídy (bez ohledu na to, kdy byly pořízeny)
pozn.: Emisní třídy dle EN 303-5 zjednodušeně je možné říci, že požadavky dle EKODESIGN jsou rozšířené požadavky na 5. emisní třídu	

Obr. 2.1 Požadavky na prodej kotlů na tuhá paliva do roku 2022 [6]

Kotle na pevná paliva se vyrábí ve čtyřech základních konstrukčních řešeních. Prohořivací kotle a odhořivací byly nejlevnější a nejjednodušší, ale měly nejmenší účinnost a největší emise. Proto dnes již z trhu pomalu mizí. Kotle zplyňovací a automatické (spalují pelety nebo uhlí) ve většině případů splňují třetí i vyšší emisní třídu, takže jejich provoz nebude po roce 2022 ukončen. Nejmodernější technologie (většinou automatické kotle) vyhovují i požadavkům EKODESIGN na minimalizaci znečištění okolního prostředí a dostatečnou účinnost. [7]

**U prohořivacích kotlů** je palivo přikládáno přímo na základní hořící vrstvu. Tah vzduchu je spodem skrz rošt a palivo. Je to nejméně efektivní kotel a produkuje nejvíce emisí. Prohořivací kotle jsou schopny spálit velké množství různých typů paliv. Regulace u těchto kotlů je velmi obtížná, protože průběh spalování je periodický. To způsobuje výkyvy ve výkonu a následně výkyvy v teplotě ohřívání vody. [7] [8]



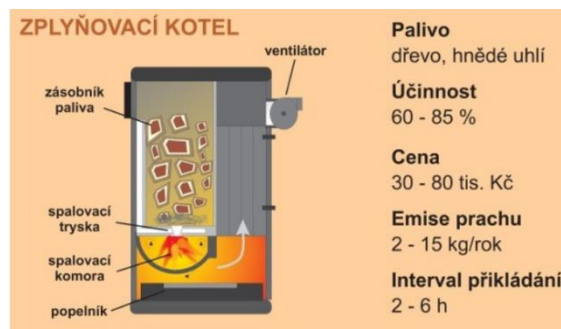
Obr. 2.2 Prohořivací kotel [8]

**Odhořivací kotle** spalují palivo ve spodní části násypky na roštu a dochází k postupnému doplňování. Spaliny neprocházejí jako u prohořivacích kotlů palivem, ale odchází oddělenou cestou. Hoření je regulovatelnější a efektivnější kvůli plynulému sesouvání paliva na rošt. Interval příkládání je ale podobný jako u prohořivacích kotlů. [8]



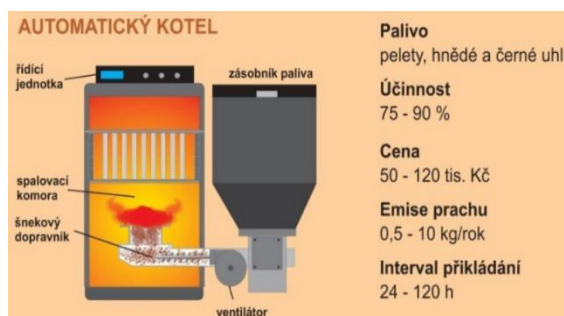
Obr. 2.3 Odhořivací kotel [8]

**Zplyňovací kotel** převádí problematiku spalování tuhých paliv na spalování plynu. V prvním stupni spalování je proveden pyrolytický rozklad tuhého paliva na plyn. V druhém stupni je tento plyn smíchán se vzduchem a je spalován. Díky dvoustupňovému spalování je dosaženo vyšší účinnosti. [9]



Obr. 2.4 Zplyňovací kotel [8]

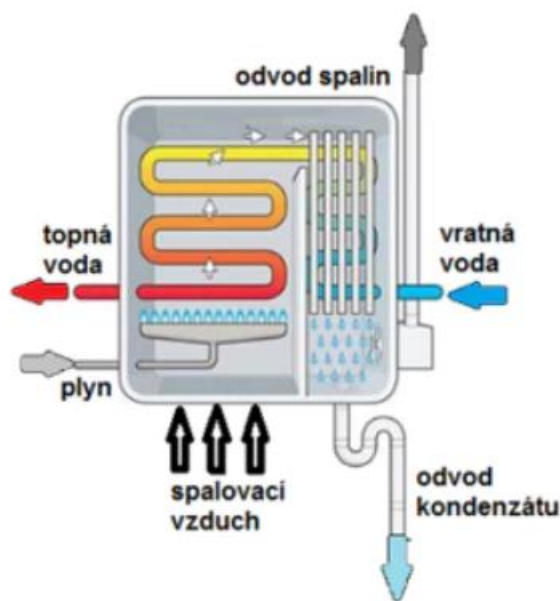
**Automatické kotle** představují nejkomfortnější a nejekonomičtější spalovací zařízení na tuhá paliva. Zásobník paliva je oproti jiným typům kotlů umístěn mimo spalovací část kotle. Palivo je potom nejčastěji pomocí šnekového dopravníku dopraveno přímo k hořáku. Ten dodává kotli právě tolik paliva, kolik je potřeba a tím se zvedá efektivita procesu. Zásobník navíc výrazně prodlužuje dobu mezi příkládáním. [8]



Obr. 2.5 Automatický kotel [8]

## 2.3 Plynové kotle

V plynových kotlích se spaluje zemní plyn, což produkuje teplo a spaliny. Teplo se v tepelném výměníku předává vodě, která je rozvedena dál do domu. U **klasických kotlů** se nijak neřeší využití spalin. U **plynových kondenzačních kotlů** se využije i latentní teplo ze spalin. Při spalování zemního plynu vzniká i určité množství vody, která jako pára odchází se spalinami komínem pryč. Pokud se tyto spaliny ochladí pod teplotu rosného bodu, voda ze spalin zkondenzuje a předá teplo studené vodě, která se vrací do kotle. Tím se předejde a celý proces je efektivnější. [10] [11]



Obr. 2.6 Plynový kondenzační kotel [12]

V této souvislosti výrobci často udávají účinnost kondenzačních kotlů nad 100 %. Tato hodnota se však nazývá normovaný stupeň využití a vzniká sečtením výhřevnosti a kondenzačního tepla. Skutečná účinnost se stanovuje ze spalného tepla a u nejlepších kotlů se pohybuje okolo 98 %. [13]

Plynové kotle jsou v České republice nepoužívanějším typem vytápění. Jejich výhody jsou nízká pořizovací cena, přijatelné náklady na provoz a téměř bezobslužný provoz. Není nutné zajišťovat a skladovat palivo, které je zdrojem nečistot uvnitř budovy, není třeba přikládat palivo a o kotel se během provozu starat. Moderní kondenzační kotle jsou také velmi tiché, a proto není problém s umístěním přímo uvnitř obytných prostor. Nevýhodou je nutnost pravidelné každoroční revize kvůli možnému riziku úniku plynu. [14]

V oblasti plynových kotlů, stejně jako u kotlů na pevná paliva, probíhá právní regulace za účelem snížení produkovaných emisí. Nařízení Evropské komise č. 813/2013 v příloze II specifikuje požadavky, které musí splnit kotle uvedené na trh po 26. 9. 2015 (nařízení používá značně komplikovaný termín *ohřívače pro vytápění vnitřních prostor*). Pro kotle s výkonem do 70 kW, což by v naprosté většině případů vytápění RD mělo stačit, nesmí být sezonní energetická účinnost nižší než 86 % (s výjimkou kotlů typu B1, kde hodnota sezonní energetické účinnosti nesmí být menší než 75 %). Nařízení dále specifikuje požadavky na emise uhlíku (od 26. 9. 2018), hladinu akustického výkonu a další parametry. V praxi to znamená, že



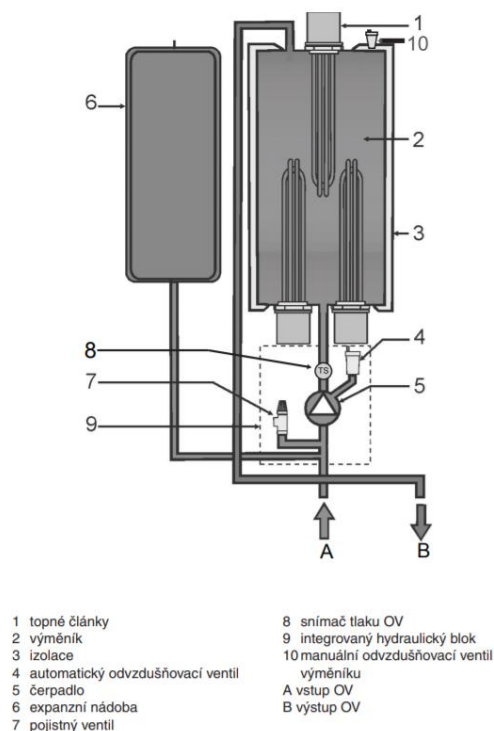
od roku 2015 výrobci mohou na trh uvádět pouze plynové kondenzační kotle. Ty jsou výrazně účinnější, protože odebírají teplo i ze spalin, které by jinak odešlo komínem pryč. [15]

Provoz klasických konvenčních plynových kotlů ale zatím nijak omezen nebyl. Je tedy na zvážení majitele, případně konzultace s odborníkem, zda je provoz stávajícího kotle ekonomický a bezpečný. Návratnost v podobě úspor za energie kondenzačních kotlů se může pohybovat už od 3-5 let. Záleží ovšem na typu objektu, jeho zateplení, stávajícím kotli a dalších faktorech. [16]

## 2.4 Elektrokotle

Elektrokotel pracuje na relativně jednoduchém principu. Jádrem kotle jsou topné články a výměník, kde dochází k ohřevu vody. Oběh vody pak zajišťuje oběhové čerpadlo. Systém je doplněn ventily (odvzdušňovací, pojistný) a expanzní nádobou. Při zahřátí otopné vody totiž dojde k zvětšení objemu vody a nárustu tlaku v potrubí, a to by mohlo vést k jeho poškození. Tento tlak pohltí membrána v expanzní nádobě. [17]

Elektrokotle sdílí s plynovými kotli a kotli na tuhá paliva relativně nízkou počáteční investici, vztaheno k moderním řešením vytápění jako je např. tepelné čerpadlo. Další nespornou výhodou je čistota provozu. Kotel neobsahuje hořák, nepotřebuje systematicky doplňovat palivo a oproti plynovým kotlům odpadá i nutnost plynové přípojky (to může být i několik desítek tisíc korun). Elektrokotle jsou většinou tichá a menší zařízení, vhodná do RD a bytů. Splňují vysoké požadavky na ekologický provoz. Kotel v místě provozu neprodukuje žádné emise, nepotřebuje napojení na komín (odvod spalin) a je prakticky bezúdržbový a bezobslužný. Nejsou zde nutné pravidelné roční revize jako např. u plynových kotlů. Elektrokotle lze výborně automatizovat a ovládat na dálku (např. temperování rekreačních objektů).



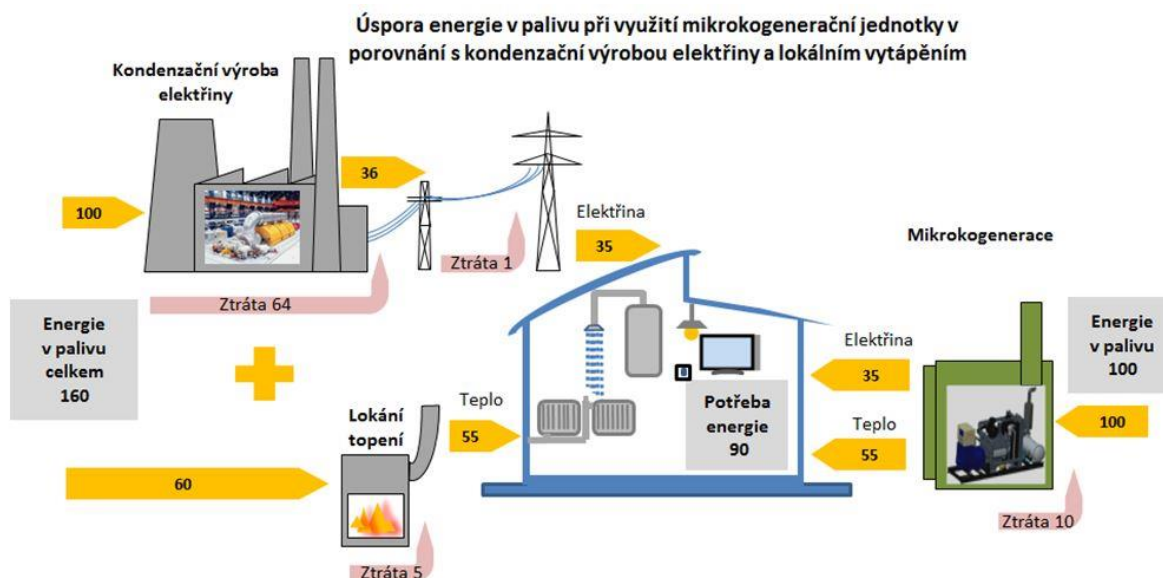
Elektrokotle se využívají také jako bivalentní zdroj tepla, nejčastěji pro tepelná čerpadla. Tepelná čerpadla dimenzovaná k pokrytí tepelných ztrát za jakýchkoli podmínek mohou být zbytečně drahá a většinu roku potom nevyužijí svůj plný výkon. Elektrokotel pak v případě potřeby doplní teplo do soustavy. Tato hranice nastává většinou okolo  $-7^{\circ}\text{C}$  až  $-10^{\circ}\text{C}$ . [18]

Vzhledem k vysoké ceně elektřiny najde tento způsob vytápění využití především v domech s nízkou tepelnou ztrátou, tj. v nízkoenergetických a pasivních domech. U starších domů před rekonstrukcí, u nezateplených objektů apod. je vytápění elektřinou velmi drahou volbou. Cena elektřiny je těžko predikovatelná dopředu a je závislá na vývoji trhu s vyrobenou elektřinou. Přestože se v současnosti zvedá podíl výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, lze s jistotou říct, že cena elektřiny poroste. Při přechodu na obnovitelné zdroje je totiž zapotřebí nemalých investic do infrastruktury a nových technologií. [19]



## 2.5 Kogenerační jednotky

Kogenerační jednotky jsou zařízení, ve kterých dochází zároveň k výrobě elektřiny a tepla. Vyrobená elektřina se může spotřebovat přímo v konkrétním objektu nebo může být dodávána do sítě. Kogenerační jednotky se vzhledem k technologické náročnosti používají především ve velkých objektech (nemocnice, školy, obchodní centra, průmysl, bazény...), kde využijí celý svůj potenciál. V poslední době se využití takového zařízení stává reálnějším i pro rodinné domy. Nyní už můžeme najít na trhu kogenerační jednotky, které jsou velké zhruba jako pračka a především využívají tzv. Stirlingův motor, který zajišťuje tichý chod bez vibrací.



Obr. 2.8 Porovnání účinnosti konvenčních metod vytápění a výroby el. energie s mikrokogenerací [20]

Kogenerace přináší do celého energetického segmentu zásadní výhodu. Výroba elektřiny je decentralizovaná a objekt tedy není závislý na dodávce ze sítě. Navíc je možné nespotřebovanou část elektrickou energií dodávat do sítě.

Jak již bylo zmíněno, kogenerační jednotky se vyskytují v několika řešeních. Pro velké provozy to jsou většinou plynové turbíny, které ovšem nelze z ekonomického hlediska využít pro RD. V poslední době se díky technologickému pokroku začínají rozšiřovat mikroturbíny s výkony v řádu desítek kW. Mikroturbíny mají nízké náklady na údržbu, produkují méně spalin než spalovací motory, jsou spolehlivé, ale také velmi drahé. Jako zdroj výkonu kogenerační jednotky pro RD se tedy používají spalovací motory nebo Stirlingův motor. [21]

Poslední možností jsou palivové články. Do této technologie se v poslední době vkládají velké naděje. Palivové články lze považovat za čistý zdroj energie, protože neprodukuje žádné emise. Navíc hlavní typ paliva je vodík, kterého je na planetě téměř neomezené množství. V těchto elektrochemických zařízeních dochází ke slučování vodíkového paliva s kyslíkem za vzniku elektřiny, tepla a vody. Problémem je ale výroba čistého vodíku. Vodík nelze čerpat ze země jako fosilní paliva, ale musí být nejdříve vyroben. Dva nejúčinnější způsoby výroby vodíku v dnešní době jsou přímá přeměna z fosilních paliv a elektrolyza vody. Oba dva způsoby mají účinnost maximálně 70 % a ani jeden způsob výroby neřeší problém. Fosilní paliva mohou být spalována přímo v motoru a minimalizuje se tím počet transformačních stupňů. Účinnost přeměny uhlí – elektřina – vodík – elektřina vychází přibližně 12-16 %. Dalším problémem je skladování vodíku, protože rozměry molekul vodíku jsou srovnatelné s mezimolekulárními

rozměry materiálu nádrže. Proto je v současnosti nelze dokonale utěsnit. I když se tedy technologie palivového článku zdá jako jednoduchá, ekologická a dlouhodobě udržitelná, s její reálnou aplikací se zatím pojí mnoho technologických problémů. [22][23]

Co se týče aplikovatelnosti palivových článků na kogenerační jednotky, můžeme vidět první zařízení, které tuto technologii přináší. např. Viessmann Vitocalor 300-P nebo Solenco Powerbox. Tyto jednotky jsou schopny samy vyrobit vodík, který poté spotřebují. U Solenco Powerbox je potřeba zapojení s fotovoltaickou elektrárnou, která pokrývá okamžitou spotřebu domu a v případě přebytku energie v jednotce vyrábí elektrolýzou vodík. Ten může být poté použit při nedostatku energie z FVE pro potřebu domu a odpadní teplo je použito pro vytápění nebo ohřev vody. Tyto kogenerační jednotky jsou ale zatím extrémně drahé, např. cena Vitocalor 300-P se pohybuje okolo 900 tis. Kč. [24] [25]



Obr. 2.9 Kogenerační jednotka s palivovým článkem Solenco Powerbox [24]

I když vývoj překonal technologické komplikace (velikost, hluk, vibrace...), praktické využití kogeneračních jednotek v klasických RD stále není standardem. I nejmenší jednotky totiž mají na moderní nízkoenergetické nebo pasivní domy zbytečně vysoké výkony. Využití pro ně můžeme najít maximálně v RD s velkou spotřebou energie, např. domy, které mají saunu, vířivku, bazén a další velké spotřebiče elektrické energie. Pro hospodárný provoz a efektivní návratnost je také potřeba co nejdelší doba chodu. To bohužel také nenahrává rodinným domům, které mohou mít v zimě relativně velkou spotřebu a v létě zase téměř nulovou. Je proto potřeba pečlivě zvážit, zda se kogenerační jednotka pro daný RD v dané lokalitě opravdu ekonomicky vyplatí. Pořizovací náklady jsou oproti jiným předchozím typům vytápění řádově vyšší (statisíce korun), a proto bude trvat ještě relativně dlouho, než se kogenerační jednotky masově rozšíří do RD.

## 2.6 Podlahové topení

U výše uvedených způsobů vytápění se distribuce tepla do obytných prostor řeší využitím teplovodních rozvodů k radiátorům. Ty předávají teplo vzduchu (především konvekci), který od radiátoru stoupá nahoru, začne v místnosti cirkulovat a tím ohřívá celou místnost. U podlahového topení je tento základní koncept odlišný. Dochází k rovnoměrnému sálání tepla (i zde je přenos konvekci, ale sálání je dominantnější) z celé plochy podlahy. Proto může být místnost rovnoměrněji vytopená, nedochází ke zbytečné cirkulaci a v neposlední řadě také místnost nehyzdí radiátory. Podlahové topení se dělí na dva druhy. Teplovodní a elektrické.

### 2.6.1 Teplovodní podlahové topení

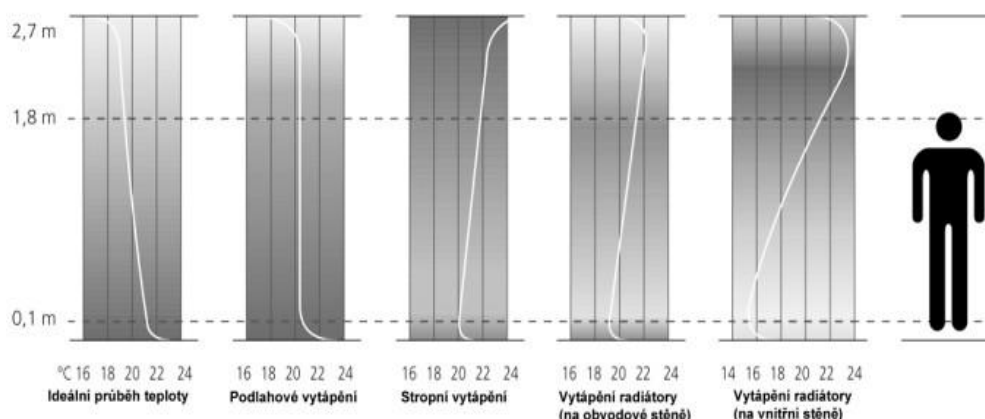
Teplovodní podlahové topení je závislé na externím ohřevu vody. To může být jakýkoli druh kotle (nejčastěji kondenzační plynový), tepelné čerpadlo nebo např. solární kolektory. Je to tedy vhodné řešení pro domy, kde se počítá se zařazením zdroje tepla i pro ohřev vody nebo pro další typy vytápění, např. radiátory. To může být potřeba při specifických požadavcích vytápěné místnosti, kde není možné položit podlahové topení nebo z jiného důvodu. Teplovodní podlahové topení ale hlavně využijí domy při rekonstrukci, které už kotel nebo jiný zdroj tepla mají instalovaný a stačí položit topení a napojit na rozvod vody.

### 2.6.2 Elektrické podlahové topení

Elektrické podlahové vytápění se do nedávna pokládalo pouze do menších prostor, jako je koupelna, kuchyně nebo vstupní místnost. Náklady na elektrické vytápění větších prostor byly vysoké. Nyní získávají na významu v souvislosti se stavbou nízkoenergetických domů. Velkou předností tohoto systému jsou nulové požadavky na údržbu, minimální množství komponent a tím i potenciálních poruch a v neposlední řadě velmi přesná regulace teploty.

### 2.6.3 Srovnání teplovodního a elektrického podlahového topení

Každá z dvou metod má svoje přednosti a nevýhody, nelze tedy říct, že by jeden způsob byl lepší než druhý. Elektrické podlahové topení má nižší počáteční náklady než teplovodní, ale náklady provozní mohou být u teplovodního až o 70 % nižší (v případě správně naddimenzovaného tepelného čerpadla). Elektrické topení je lépe regulovatelné. V každé místnosti můžeme instalovat termostat a regulovat každou místnost zvlášť. To se hodí např. když nejsou využity všechny místnosti (student odjel na studia, místnost pro hosty...). Můžeme pak nastavit teplotu, na kterou má místnost temperovat a tím ušetřit. U teplovodního je



Obr. 2.10 Průběh teploty u různých typů vytápění [26]

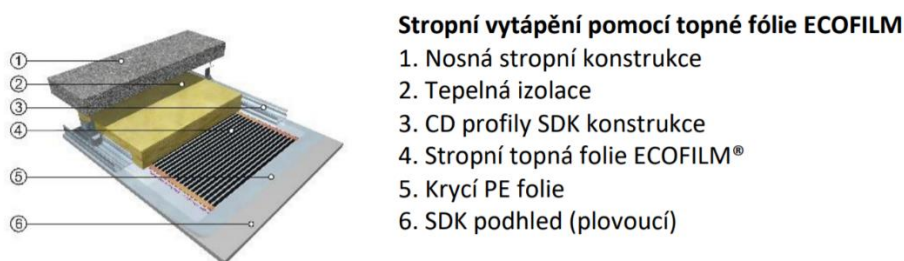
regulace obtížnější, většinou se používá pouze jeden termostat (často se používá ekvitermní regulace). Obě metody mají velmi dlouhou životnost. Oba typy mají oproti radiátorům jen o několik stupňů vyšší teplotu, než je teplota okolí, a proto nezpůsobují nežádoucí proudění vzduchu v místnosti a velký teplotní spád od stropu k zemi (viz obr. 2.10). Každý dům má svoje specifika a jiné možnosti. Nelze tedy jednoznačně doporučit jeden nebo druhý typ vytápění. Je potřeba zvážit všechny aspekty, poradit se s odborníkem a udělat kvalifikované rozhodnutí. [26] [27]

## 2.7 Elektrické sálavé zdroje tepla

Na elektrické podlahové topení přímo navazuje další kapitola. I podlahové topení bychom mohli zařadit do této kapitoly, ale využívá se již tak často, že jsem pro něj vyčlenil samostatnou kapitolu. V této se zmíním o ostatních typech elektrických sálavých zdrojů tepla.

### 2.7.1 Stropní topení

Prvním z nich je stropní topení. Stropní topení je prakticky stejná technologie jako podlahové topení, akorát je umístěné ve stropu. Topná fólie je umístěna nad SDK plovoucím podhledem (viz obr. 2.11). Tato technologie není rozšířena z několika důvodů, často ale z důvodu předsudků vůči tomuto typu topení. Stropní vytápění zde nemá tradici, lidé na to nejsou zvyklí a přirozeně to v nich nevyvolává důvěru. Ve skutečnosti je ale stropní vytápění stejně efektivní jako podlahové. Podle měření UCEEB při ČVUT v Praze byla teplota v místnosti rozložena dokonce rovnoměrněji než v případě podlahového topení. Při aplikaci navíc nemusíme řešit dopředu postavení nábytku, abychom předešli přehřátí kabelů. Tato metoda navíc umožňuje volnost při výběru podlahové krytiny. I když je tedy v dnešní době standardem podlahové topení, stropní topení bude do budoucna zcela jistě představovat adekvátní alternativu. [28]



Obr. 2.11 Stropní vytápění [28]

### 2.7.2 Sálavé panely

Sálavé panely vyzařují elektromagnetické záření, přesněji infračervené. To neohřívá vzduch jako u většiny vytápěcích systémů, ale přímo objekty, na které záření dopadá. Tyto objekty až poté ohřívají vzduch. Výhodou tohoto řešení je, že pro dosažení tepelné pohody není potřeba, aby veškerý okolní vzduch byl vytopen na vysokou teplotu. Infračervené záření ohřívá přímo člověka. Díky této vlastnosti se sálavé panely používají v objektech s velkými stropy nebo obecně s velkým objemem vytápěného prostoru (sklady, kostely...). Vytopení konvenčním stylem – ohřát veškerý vzduch na požadovanou teplotu – by bylo ekonomicky neúnosné a trvalo by to dlouho. Infrapanely poskytují téměř okamžitý pocit tepla ze sálavého zdroje. [29]

Mezi výhody sálavých panelů patří stejně jako u podlahového topení rovnoměrné prohřátí místnosti, omezení víření vzduchu oproti konvenčním typům vytápění, dlouhá životnost a prakticky nulová potřeba údržby. Při umísťování infrapanelů je ale potřeba myslet na několik podmínek. Stropní systémy ohřívají především podlahu a ohřeje se tím pádem pouze zhruba 40 % povrchu místnosti. U panelů instalovaných na stěnu se zase musí myslet na potenciální blokaci záření nábytkem. Nutno počítat také s tím, že panely jsou relativně rozměrné. Např. výrobce Wellina doporučuje pro vytopení místnosti o ploše 30m<sup>2</sup> panel o výkonu 630 W. Ten má rozměry 1006 x 606 x 18 mm a hmotnost 15 kg. Pro každou místnost je potom tedy potřeba vyhodnotit nejlepší místo pro umístění panelu. V neposlední řadě je potřeba ověřit, zda materiál zdi je schopen akumulace tepla. Nevhodné jsou zdi ze sádkokartonu, vhodné jsou naopak zdi z cihel, betonu nebo dřeva. Cena klasického panelu se může pohybovat mezi 3 000 – 20 000 Kč. Na vytápění infrapanely je možné 20 hodin denně získat zvýhodněnou sazbu elektrické energie D57 d. [30] [31] [32]

Sálavé panely se dnes dají využít zároveň i jako dekorace. Povrch je možný objednat např. jako tvrzené sklo, leštěný mramor, natisknutý obraz nebo dokonce jako zrcadlo do koupelny. [29] [31]



Obr. 2.12 Sálavý panel [36]

## 2.8 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla (dále TČ) jsou zařízení, která čerpají tepelnou energii z okolního prostředí. Rozdělujeme dva základní druhy TČ - absorpční a kompresorová.

### 2.8.1 Kompresorová tepelná čerpadla

Funkce kompresorových TČ je založena na třech okruzích. V prvním se teplo předává z okolí do chladiva, to zkapalní a pokračuje do kompresoru. Za kompresorem, v druhém okruhu, má plyn vysokou teplotu a tlak a pokračuje do tepelného výměníku k třetímu okruhu, což je vytápěcí okruh domu. Zde plyn odevzdá svoje teplo a zkapalní. V expanzním ventilu poté kapalina sníží svůj tlak a teplotu a cyklus se opakuje.

Kompresorová tepelná čerpadla se dělí na čtyři základní typy podle zdroje tepla:

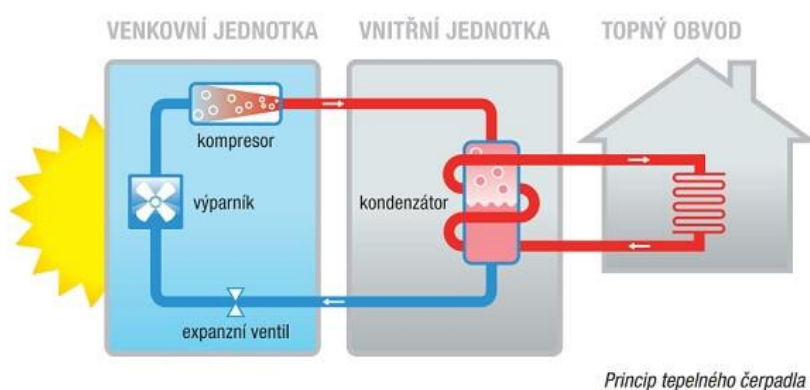
- Vzduch – vzduch
- Vzduch – voda
- Země – voda
- Voda – voda



Nejčastěji se instalují čerpadla typu vzduch – voda. Jejich výhodou je snadná instalace a nižší pořizovací cena. Jejich efektivita (topný faktor) je ale závislá na venkovní teplotě, a proto se většinou doplňují bivalentním zdrojem (elektrokotel). Problematická může být u levnějších modelů také hlučnost. [33]

Dalším typem je země – voda. Topný faktor se během roku nemění a má vysokou životnost. Teplo se odebírá z horizontálních výměníků nebo vertikálních vrtů. Při správném naddimenzování poskytuje výrazné úspory oproti TČ typu vzduch – voda. Nevýhodou jsou vyšší počáteční investice kvůli zemním úpravám. [34]

TČ typu voda – voda jsou velmi drahá na instalaci a dají se použít pouze v oblastech s dostatkem spodní vody. Hrozí také zanášení deskových výměníků a opotřebení komponent pro čerpání vody. Naopak nabízí nejvyšší topné faktory. [35]



Obr. 2.13 Schéma kompresorového čerpadla vzduch – voda [37]

### 2.8.2 Absorpční tepelná čerpadla

Absorpční tepelná čerpadla fungují na stejném fyzikálním principu jako kompresorová. Musí dojít k přestupu tepla do chladiva, jeho kompresi, předání tepla do otopného systému a následné expanzi. Kompresi chladiva zde ale nezajišťuje kompresor, ale energie vzniká nejčastěji hořením plynu. Ohříváním směsi absorbentu s chladivem dochází k odpaření chladiva a nárůstu tlaku. Dále se teplo v kondenzátoru předá do otopné soustavy. Na konci okruhu je chladivo opět pohlceno do absorbentu a cyklus se opakuje. Jako absorbent a chladivo se používají voda – amoniak nebo bromid lithný – voda. [38] [39]

### 2.8.3 Zhodnocení využití TČ

Tepelná čerpadla jsou hodnocena dvěma parametry. COP (topný faktor) a SCOP (sezonní topný faktor). COP je poměr topného výkonu a celkového příkonu čerpadla za definovaných a ustálených provozních podmínek. Může sloužit k porovnání dvou TČ podobných konstrukcí a stejného druhu. Běžné hodnoty COP se pohybují od 2,5 do 5. SCOP ukazuje efektivitu TČ vzhledem k celé otopné sezóně, ale např. i energetické ztráty vlivem cyklování čerpadla, energetická spotřeba bivalentního zdroje (elektrokotle), spotřeba TČ v pohotovostním režimu nebo ztráty vychladnutím výměníků v době mimo provoz. SCOP je tedy pro porovnání více druhů TČ relevantnější údaj než COP. [40] [41]

Výrobci často uvádí, že tepelné čerpadlo dokáže ušetřit až 80 % energie a návratnost se v ideální případě pohybuje okolo 6 let. U těchto tvrzení je potřeba si ověřit, vůči čemu výrobce

úsporu garantuje. Návratnost proti starému kotli bude určitě příznivější než oproti jiné moderní metodě vytápění v domě s nízkou tepelnou ztrátou. [42]

TČ jsou také často chybně uváděny jako čistý zdroj energie. Teplo sice čerpají z okolí, ale kompresor je napájen ze sítě, což je v ČR z 57 % elektřina získaná spalováním fosilních paliv. V případě absorpčních čerpadel je použit nejčastěji přímo neobnovitelný zdroj zemní plyn. [43]

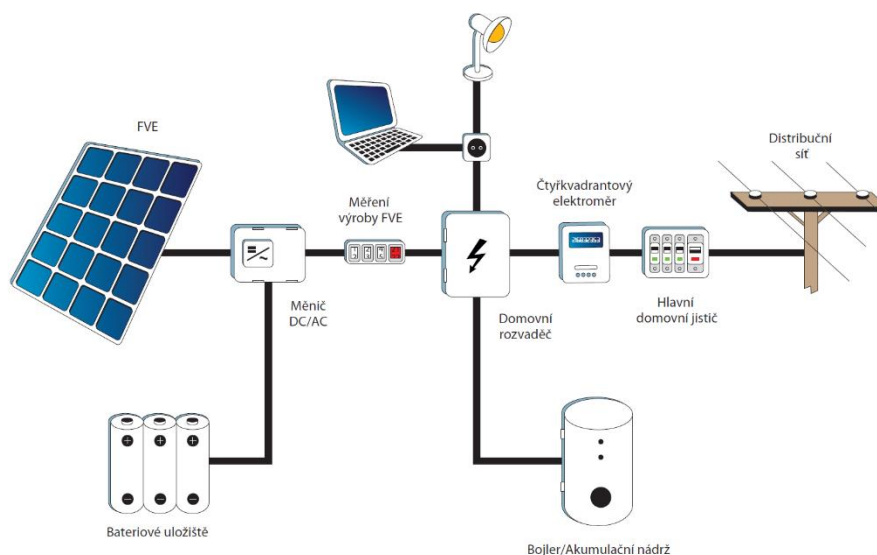
## 2.9 Solární systémy

Solární systém je jediná možnost, jak si RD mohou vyrobit svoji čistou energii. Proto je tedy fotovoltaika nebo fototermika téměř nutností pro moderní pasivní domy nebo domy s nízkou energetickou náročností. Domy tak mohou pokrývat svoji spotřebu elektrické energie i teplé vody a v případě přebytku mohou posílat elektřinu do sítě, respektive ukládat teplo do bazénu nebo akumulací nádob.

Už druhý rok po sobě se počet instalovaných solárních systémů na rodinných domech zdvojnásobil, v roce 2019 to byly téměř 3 tisíce instalací. Zcela jistě tomu pomáhá možnost získat dotaci v rámci projektu Nová zelená úsporám, kdy lze získat až 170 000 Kč. Další faktor hraje i tlak na energetickou soběstačnost nových budov, s čímž se pojí i provozní úspory. Nárůst tedy není překvapivý a trend lze očekávat i do budoucna. [44] [45]

### 2.9.1 Fotovoltaické panely

Solární panely slouží k výrobě elektrické energie. Panel obsahuje polovodičové diody a když na ně dopade sluneční paprsek, dojde k fotoelektrickému jevu a generuje se elektrický proud. Panely mohou být napojeny k baterii, ve které se přes den ukládá energie k další spotřebě. Technologie baterií v poslední době velmi pokročila a dnes již lze koupit baterie s životností 10 000 cyklů, respektive 25 let. Je až 10x výhodnější energii uložit do baterie než prodávat do sítě. [46]



Obr. 2.14 Domácí fotovoltaická elektrárna [47]

Do budoucna bude velmi zajímavé sledovat trend solárních střešních tašek. Je to koncept, kdy se solární články implementují přímo do střešních tašek. Střechu potom nehyzdí nevzhledné panely a technologie prakticky nelze vizuálně odlišit od klasických střešních tašek. Tyto systémy jsou ve velké míře zatím ještě ve vývoji, ale na trhu již lze najít první projekty. Hlavním problémem této technologie bude její cena, která se bude pohybovat ve statisících korun. To by se ale

mohlo změnit s příchodem třetí generace solární střechy od společnosti Tesla. V době vypracování této bakalářské práce Tesla tvrdí, že má v plánu v následujících týdnech osadit 1 000 domů svou nejnovější technologií. Je to také poprvé, kdy cena solární střechy je srovnatelná, v některých případech i nižší než konstrukce klasické střechy se solárními panely. Snad se dočkáme těchto technologií v podobné cenové hladině v dohledné době i ve střední Evropě. [48] [49]

### 2.9.2 Solární kolektory

Solární kolektory slouží k ohřevu vody. Je potřeba určit, k čemu se bude voda používat. Lze rozlišit dva základní důvody, proč pořizovat solární ohřev vody. První je ohřev TUV. TUV je hygienicky nezávadná voda, ale nepoužívá se pro pití a vaření. Druhou aplikací může být ohřev pro podlahové topení. Vzhledem k tomu, že teplota podlahového topení nepřesahuje 40 °C, systém plně dostačuje. [50]

K solárním kolektorům musí být instalováno čerpadlo a akumulční nádrž, která je často spojená s bojlerem. Na kolektory se nelze spolehnout ve 100 % případů (technologicky ano, ale může být zataženo), a proto je důležité mít pro jistotu další zdroj pro ohřev vody.

## 2.10 Akumulace energie

### 2.10.1 Akumulace tepelné energie

Se zvyšujícím se tlakem na efektivitu vytápěcích systémů a jejich šetrnost k životnímu prostředí se v poslední době zvedá uplatnění akumulčních nádob (nádří). Jejich úkolem je zadržet a uchovat přebytečné teplo, které není potřeba k okamžité spotřebě. Velký význam má v případě aplikace alternativních zdrojů (např. solární kolektory), které produkují teplo pouze v určitém čase, ale potřeba bude později.

Akumulační nádoby se dají použít téměř s jakýmkoli typem vytápění – kotle na pevná paliva, elektrokotle, tepelná čerpadla, solární systémy atd. Moderní akumulční nádoby mohou obsahovat i přímý ohřev vody pro další použití. [51]



Obr. 2.15 Akumulační nádrž [52]

### 2.10.2 Akumulace elektrické energie

Velkým tématem poslední doby je uchování elektrické energie. Mnoho domů již dnes disponuje solárními panely, které mohou částečně pokrývat jejich spotřebu. V čase, kdy ale solární panely produkují nejvíce energie, jsou většinou lidé v práci nebo ve škole a je tedy žádoucí energii uložit. Prodávat energii zpět do sítě se nevyplatí (viz kapitola 2.9.1).

Elektrinu v dnešní době samozřejmě nelze uchovávat přímo, a proto se k uchování elektrické energie musí využít přeměna na jiný druh energie. V případě RD jsou to bateriové systémy (chemická energie).

Tyto technologie se v dnešní době velmi rozšiřují, ale nutno podotknout, že nejsou dokonalým řešením. Je to další



Obr. 2.16 Baterie pro RD [53]



článek do komplikovaného systému a zvyšuje se riziko poruchy. Stále není vyřešena recyklace baterií a jejich životnost může být i dvakrát nižší než životnost solárních panelů. V neposlední řadě jsou tyto systémy stále velmi drahé a návratnost je mnohdy diskutabilní. [54] [55]

## 2.11 Kombinace systémů

V předchozích kapitolách bylo popsáno mnoho systémů vytápění. Návrh finálního řešení ovšem není pouze o zvolení jedné metody. Je potřeba si ujasnit, zda se bude vytápění realizovat pomocí otopného systému s cirkulující vodou, nebo zda bude dům vytápěn přímo. V prvním případě rozvádí voda teplo v domě do radiátorů nebo teplovodního podlahového topení. Zde musí být zvolen zdroj tepla. To může být jakýkoli kotel, tepelné čerpadlo, solární kolektor atd. Přímé vytápění pak může být vytápění sálavými panely nebo elektrickým podlahovým topením, případně elektrickým stropním topením.

Nezávisle na realizovaném systému vytápění může být RD dále doplněn o solární panely či kolektory a akumulaci nádobu. Každý z těchto prvků zvedá efektivitu celého systému a snižuje náklady na vytápění.

Vhodně zvolená kombinace systémů eliminuje nevýhody každého prvku (např. TČ a elektrokotel) a vytváří tím funkční, efektivní a ekonomicky výhodný model vytápění pro konkrétní dům.

## 2.12 Zhodnocení řešerše

V dnešní době lze na trhu najít mnoho systémů vytápění. V řešerši byla popsána celá škála metod vytápění od konvenčních, jako jsou kotle, po moderní, např. tepelná čerpadla, infrapanely atd. Každý systém má své výhody a nevýhody a nelze zobecnit doporučení na jeden systém. V ideálním případě by pro investora měla být vypracována studie, která pro konkrétní rodinný dům porovná více systémů a srovná jejich parametry.

Volba vytápěcího systému dnes již není pouze otázkou nákladů a návratnosti, ale roli také hrají komfort obsluhy, čistota provozu, propojení s chytrou domácností atd.

Do budoucna se s důrazem na ekologičnost, nízké náklady a komfort obsluhy zcela jistě budou výrazně rozšiřovat moderní metody vytápění na úkor těch konvenčních. Tomu by také mohl pomoci další rozvoj nových technologií, pokles cen a větší dostupnost těchto systémů. Zákazník si tak bude moci vybrat systém, který mu přesně vyhovuje a splňuje jeho požadavky.

### 3 Návrh vytápění pro modelový dům

Dům, na kterém je prováděn modelový výpočet, je v čase psaní práce ve výstavbě. Vytápěcí systém už byl instalován. Cílem této části je analyzovat možné další typy vytápění a zhodnotit, zda by jiné metody nebyly výhodnější. Bude provedena analýza investičních nákladů, provozních nákladů, nákladů na údržbu a celkovou bilanci pro několik dalších let. Dále se zaměřím na komfort, bezobslužnost a životnost konkrétních systémů.

#### 3.1 Modelový dům

Na parcele, kde aktuálně probíhá výstavba, stál rodinný dům starý zhruba 100 let. S projektanty proběhla diskuse, zda dům pouze zrekonstruovat, nebo strhnout a postavit nový. Vzhledem k jeho stavu a potřebným úpravám (snížení stropů, oprava střechy) bylo rozhodnuto dům kompletně zbourat a postavit nový RD ve stejném stylu. Oproti starému domu byla ještě navržena moderní přístavba do zahrady pro zvětšení obývacího pokoje. Při pohledu z ulice tedy dům vypadá stejně jako původní a koresponduje s původní výstavbou. Pohled ze zahrady ale nabízí pohled na moderní přístavbu a vikýř, které ukazují jistou nadčasovost tohoto řešení.

Dům, na kterém bude prováděn modelový výpočet, se nachází na Vysočině ve Žďáře nad Sázavou ve výšce 580 m n. m. Jedná se o dvoupatrový RD bez sklepa. Jižní stěnou sousedí s vedlejším domem. Stěny jsou nezateplené, složené z cihel Porotherm 44 Eko+. Dům budou využívat celoročně dvě až tři osoby. Zahrada je ve svahu dolů a má plochu 290 m<sup>2</sup>. Za zahradou je sráz a pod ním řeka. V zahradě bude umístěna nádrž na dešťovou vodu o objemu 6 m<sup>3</sup>.

Tepelná ztráta domu je podle projektu 6,7 kW. Instalované vytápění je elektrické podlahové topení s celkovým výkonem 9,7 kW. Každá místnost je regulovatelná. V obývacím pokoji budou kamna s výkonem 7,5 kW. Dispozice střechy kvůli členitosti neumožňuje efektivně položit solární panely. Vedle domu stojí ale samostatně kůlna, která má větší část střechy orientovanou na jih a je připravena do budoucna pro položení fotovoltaických panelů o výkonu až 4,5 kWh za rok.



Obr. 3.1 Modelový dům ve Žďáře nad Sázavou. zdroj: vlastní fotografie



Obr. 3.2 Pohled ze zahrady (vpravo je kůlna), zdroj: vlastní fotografie

### 3.2 Analýza vhodných typů vytápění

Na tento RD je možné aplikovat téměř jakýkoli druh vytápění. Volba bude ale uzpůsobena prioritám investora:

- Bezobslužnost
- Čistota provozu
- Jednoduchost zařízení
- Nároky na prostor (v domě není technická místnost)
- Přijatelné investiční náklady

Z těchto požadavků vyplývá nevhodnost použití kotlů na pevná paliva (bezobslužnost) a kogeneračních jednotek (extrémně vysoké investiční náklady). Z dispozice domu také vyplývá nevhodnost použití TČ země – voda (malá zahrada, nádrž na dešťovou vodu) a voda-voda (řeka je příliš mělká). Pokud bude zvolen systém s teplovodním vytápěním, bude použito podlahové topení, a ne radiátory.

Pro výpočet budou použity tyto systémy:

- 1) Infrapanely
- 2) Tepelné čerpadlo vzduch – voda v kombinaci s elektrokotlem jako bivalentním zdrojem a teplovodním podlahovým topením
- 3) Kondenzační plynový kotel a teplovodní podlahové topení
- 4) Elektrické podlahové topení (instalované řešení)

Jako další krok budou přidány ke každému systému fotovoltaické panely a bude posouzena jejich prostá návratnost.

### 3.3 Počáteční investice

Ceny byly stanoveny na dle cenových nabídek konkrétních výrobců nebo na základě dostupných ceníků.

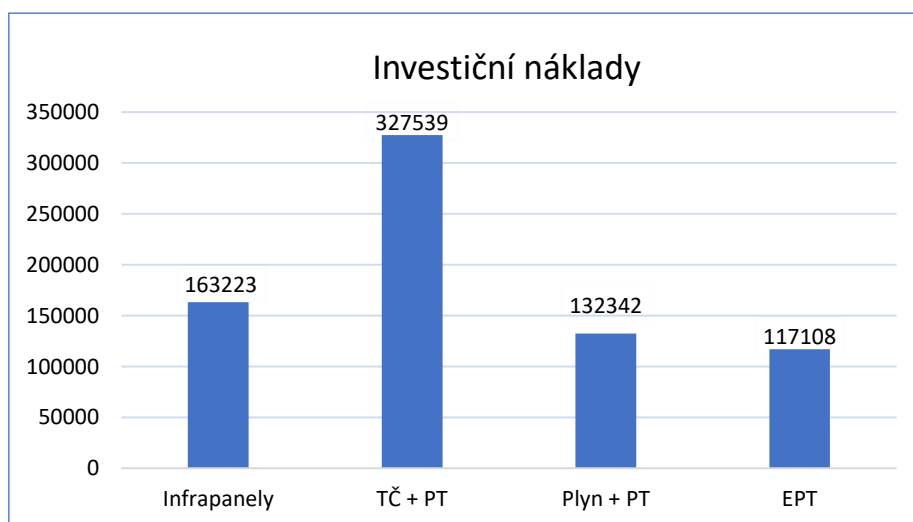
Infrapanely byly zvoleny od rakouského výrobce Redwell Manufactur GmbH. Jedná se o 12 panelů s celkovým výkonem 6,4kW. V koupelnách jsou instalovány topné žebříky o výkonu 400 W. Investice by v tomto případě byla 155 165 Kč. U tohoto řešení se musí dokoupit bojler pro ohřev teplé vody – OKHE 160 Smart v ceně 8 058 Kč. Celková cena je **163 223 Kč**.

Tepelné čerpadlo jsem zvolil od firmy švédské firmy Nibe. NIBE F2040-8 s vnitřní jednotkou VVM 320 je TČ vzduch – voda o výkonu 8kW. Systém zajišťuje i ohřev TV. Doporučený doplňkový zdroj od výrobce je o výkonu 2kW (bod bivalence -11 °C). Cena tohoto řešení je 236 095 Kč (TČ) a 24 079 Kč (elektrokotel). Vytápění bude řešeno podlahovým topením Top Heating Premium v ceně 67 365 Kč. Celková cena je tedy **327 539 Kč**.

Plynový kondenzační kotel byl vybrán Vaillant ecoTEC Plus o výkonu 3,3 kW – 14,9kW se zásobníkem pro přípravu TV na 120 l. Podlahové topení (dále PT) bude řešeno stejně jako u TČ čerpadla – Top Heating Premium. Cena je 68 910 Kč (kotel + zásobník) a 67 365 Kč (PT), celkem **136 275 Kč**.

Instalované řešení je elektrické podlahové topení (dále EPT). Byly zvoleny kabely od firmy Raychem s celkovým výkonem 9,7 kW v ceně 109 050 Kč. Ohřívač teplé vody byl zvolen OKHE 160 Smart v ceně 8 058 Kč. Celkem tedy **117 108 Kč**.

Kamna do obývacího pokoje byly zvoleny Nordica Jennifer o výkonu 7,5kW v ceně **37 810 Kč**. Ve výpočtu je uvažuji v každém modelovém případě, proto nejsou započítány v následujícím grafu.



Obr. 3.3 Investiční náklady

### 3.4 Provozní náklady

Do výpočtu provozních nákladů jsou zahrnuty náklady na vytápění, ohřev teplé vody, stálé platby, údržbu a náklady na energie pro ostatní spotřebiče domu. Ceny za kWh elektrické energie jsou převzaty z webu tzb-info.cz, cena plynu je z nabídky tarifu pro modelový dům. [56] [57] [58] [59]

#### 3.4.1 Roční náklady

Na základě výpočtu z webu tzb-info.cz (viz příloha č.1) byly stanoveny následující hodnoty [57]:

Potřeba energie na vytápění:	$Q_v = 9900 \text{ kWh}$
Potřeba energie na ohřev TUV:	$Q_o = 2600 \text{ kWh}$
Spotřeba dalších spotřebičů:	$Q_d = 1926 \text{ kWh}$

Sazba pro infrapanely, EPT a TČ je D57 d. Sazba pro vytápění plynem je D02 d. Cena za kWh energie dodané zemním plynem je 1,39 Kč. [58] [59]

D57d = 3,34 Kč/kWh
D02d = 5,20 Kč/kWh
D <sub>p</sub> = 1,39 Kč/kWh

Účinnosti a topný faktor byly stanoveny na základě dostupných dat od výrobců.

$\eta_i = 98 \%$
$\eta_e = 99 \%$
$\eta_{pl} = 98 \%$
$\eta_{boj} = 96 \%$
COP = 3,2

Kamna budou využita 153 dní (3 dny v týdnu od půlky října do půlky března) 3 hodiny denně. Celkem dodají 1180 kWh. Dřevo je zdarma z vlastního lesa.

$$E_k = 1180 \text{ kWh}$$

Stále platby pro jistič do 32 A jsou u plynu 249,36 Kč/měsíc, u elektřiny 533,71 Kč/měsíc [58].

#### 3.4.2 Plynový kotel + PT

Výpočet je proveden jako součet nákladů na vytápění  $V_{pl}$ , ohřev teplé vody  $O_{pl}$ , spotřebu dalších spotřebičů  $S_{pl}$ , údržby  $U_{pl}$  a stálých plateb  $P_{pl}$ . Údržba se skládá z prohlídky komína (800 Kč) a servisu kotle (1200 Kč).

$$N_{pl} = V_{pl} + O_{pl} + S_{pl} + P_{pl} + U_{pl} \quad (3.1)$$

$$N_{pl} = \frac{(Q_v - E_k) * D_p}{\eta_{pl}} + \frac{Q_o * D_p}{\eta_{pl}} + Q_d * D02d + P_{pl} + U_{pl} \quad (3.2)$$

$$N_{pl} = \frac{(9900 - 1180) * 1,39}{0,98} + \frac{2600 * 1,39}{0,98} + 1926 * 5,2 + 12 * 249,36 + 800 + 1200 = 30\,989 \text{ Kč} \quad (3.3)$$



### 3.4.3 Infrapanely

Výpočet je proveden jako součet nákladů na vytápění  $V_i$ , ohřev teplé vody  $O_i$ , spotřebu dalších spotřebičů  $S_i$  a stálých plateb  $P_i$ . U infrapanelů není nutná žádná údržba.

$$N_i = V_i + O_i + S_i + P_i \quad (3.4)$$

$$N_i = \frac{(Q_v - E_k) * D57d}{\eta_i} + \frac{Q_o * D57d}{\eta_{boj}} + Q_d * D57d + P_i + U_i \quad (3.5)$$

$$N_i = \frac{(9900 - 1180) * 3,34}{0,98} + \frac{2600 * 3,34}{0,96} + 1926 * 3,34 + 12 * 533,71 = \mathbf{51\,593\,Kč} \quad (3.6)$$

### 3.4.4 Tepelné čerpadlo + PT

Výpočet je proveden jako součet nákladů na vytápění  $V_{tc}$ , ohřev teplé vody  $O_{tc}$ , spotřebu dalších spotřebičů  $S_{tc}$ , údržby  $U_{tc}$  a stálých plateb  $P_{tc}$ . Údržba se skládá ze servisní prohlídky technika, jeho práce na opravě, cestě a doplnění chladiva (2080 Kč, jednou za dva roky).

$$N_{tc} = V_{tc} + O_{tc} + S_{tc} + P_{tc} + U_{tc} \quad (3.7)$$

$$N_{tc} = \frac{(Q_v - E_k) * D57d}{COP} + \frac{Q_o * D57d}{COP} + Q_d * D57d + P_{tc} + U_{tc} \quad (3.8)$$

$$N_{tc} = \frac{(9900 - 1180) * 3,34}{3,2} + \frac{2600 * 3,34}{3,2} + 1926 * 3,34 + 12 * 533,71 + \frac{2040}{2} = \mathbf{25\,684\,Kč} \quad (3.9)$$

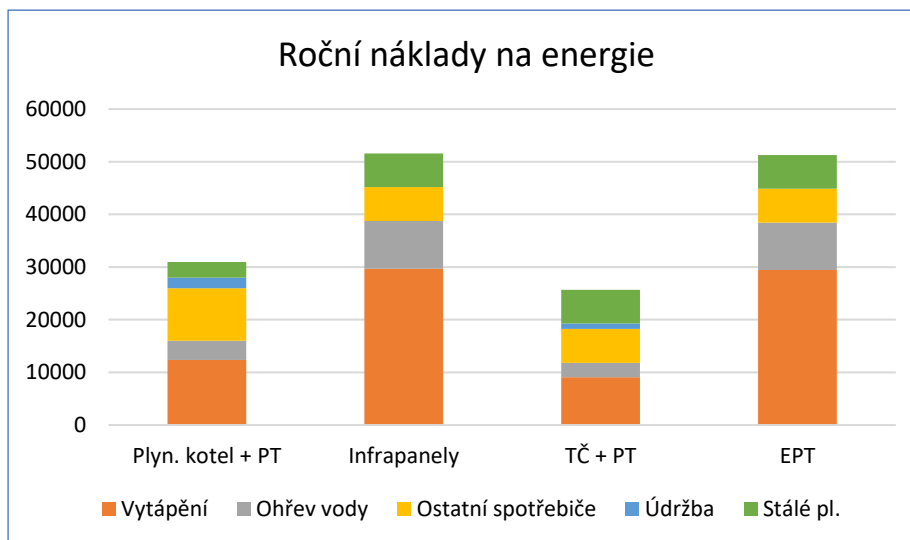
### 3.4.5 Elektrické podlahové topení

Výpočet je proveden jako součet nákladů na vytápění  $V_e$ , ohřev teplé vody  $O_e$ , spotřebu dalších spotřebičů  $S_e$  a stálých plateb  $P_e$ . U EPT není nutná žádná údržba.

$$N_e = V_e + O_e + S_e + P_e \quad (3.10)$$

$$N_e = \frac{(Q_v - E_k) * D57d}{\eta_e} + \frac{Q_o * D57d}{\eta_{boj}} + Q_d * D57d + P_e + U_e \quad (3.11)$$

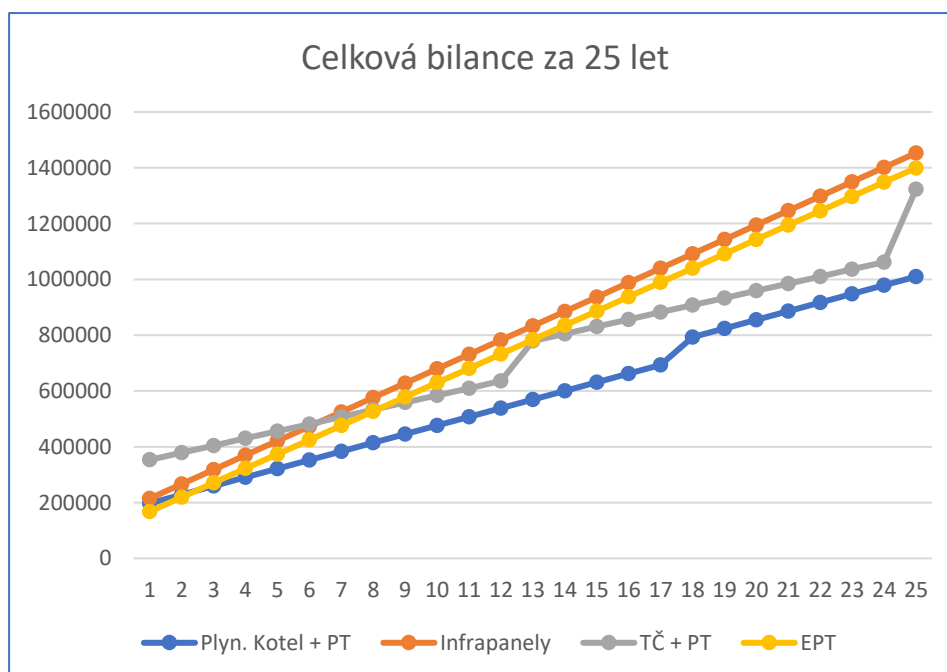
$$N_e = \frac{(9900 - 1180) * 3,34}{0,99} + \frac{2600 * 3,34}{0,96} + 1926 * 3,34 + 12 * 533,71 = \mathbf{51\,293\,Kč} \quad (3.12)$$



Obr. 3.4 Roční náklady na energie

### 3.5 Celková bilance

Ekonomická bilance jednotlivých systémů je posouzena na obr. č. 3.5 v horizontu 25 let. Po 13 letech je u TČ započítána polovina jeho pořizovací ceny jako náklad na výměnu kompresoru a dalších opotřebovaných částí. Po 25 letech se uvažuje kompletní výměna TČ. Životnost plynových kotlů se udává mezi 15-20 lety, proto je v 18. roce započten náklad na nový kotel. Infrapanely a elektrické podlahové topení mají životnost v desítkách let.



Obr. 3.5 Celková bilance nákladů za 25 let

Z grafů plyne, že čistě z ekonomického hlediska by bylo výrazně nejúspornější instalovat plynový kotel, a to i přes kratší životnost. Výpočet se týká pouze prosté doby návratnosti bez zahrnutí vlivu diskontní sazby.

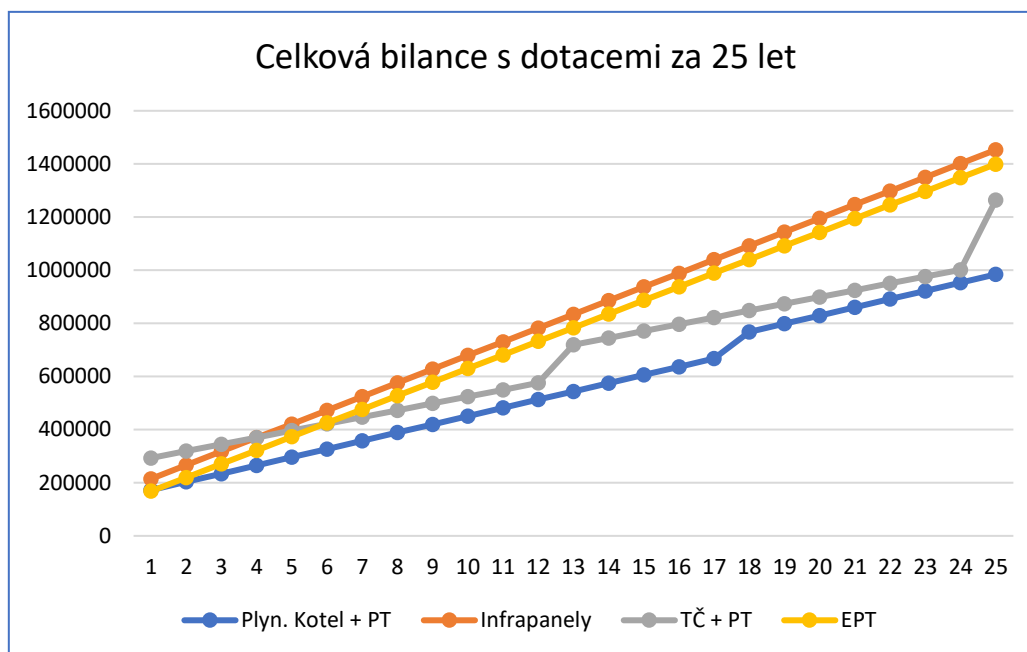
### 3.6 Dotace

V rámci programu Nová zelená úsporám je možné získat dotace na vytápěcí systémy. Žádat o dotaci by bylo možné při instalaci tepelného čerpadla, plynového kotle a fotovoltaických panelů (viz následující kapitola) [60].

Dotace na tepelné čerpadlo vzduch – voda v domě bez zateplení: **60 000 Kč.**

Dotace na plynový kotel v domě bez zateplení: **25 000 Kč.**

Celková bilance za 25 let se změní následovně.



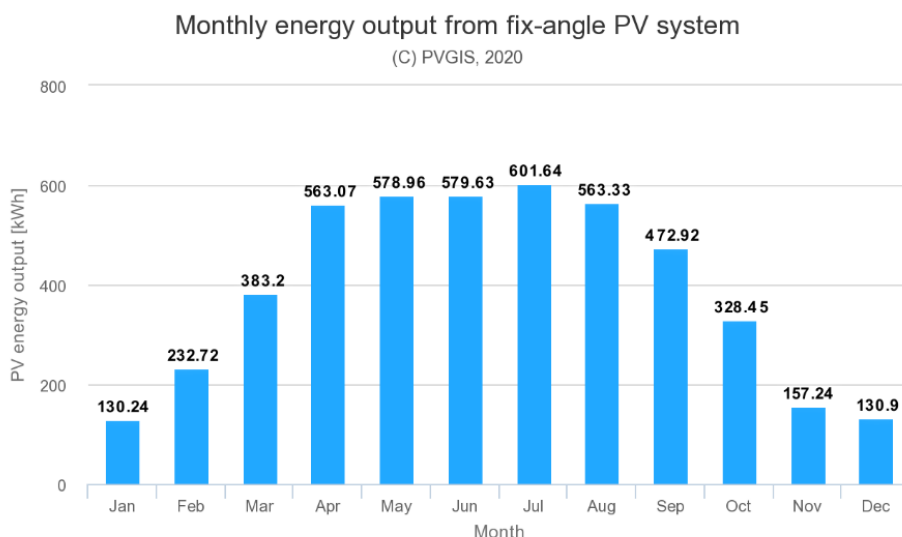
Obr. 3.6 Celková bilance za 25 let včetně dotací

Tepelné čerpadlo a plynový kotel nárokem na dotaci ještě zvětšily rozdíl oproti infrapanelům a EPT. Návratnost TČ oproti EPT se snížila z 8 let na 6 let.



### 3.7 Fotovoltaické panely

Jak již bylo popsáno výše, s domem sousedí kůlna, která je do budoucna připravena na instalaci fotovoltaických panelů. Užiténá plocha střechy je 30 m<sup>2</sup>. V našich klimatických podmínkách lze z 1 m<sup>2</sup> získat za rok zhruba 1000 kWh. Standardní panely se vyrábí s plochou 1,65 m<sup>2</sup> a výkonem okolo 300 Wp. Pro tuto střechu by to tedy bylo 16 panelů o celkovém výkonu za rok 4800 kWh, součástí systému je baterie o kapacitě 5,6 kWh. Instalaci by zajistila firma Bohemia energy v ceně 340 000 Kč s možností dotace 150 000 Kč. [61] [62]



Obr. 3.7 Počet kWh, které solární panely vyprodukují v jednotlivých měsících. [63]

#### 3.7.1 Letní období

Potřeba energie v letním období (duben–září) je následující:

$$Q_{\text{leto}} = \frac{Q_o + Q_d}{2} = \frac{2600 + 1926}{2} = 2263 \text{ kWh} \quad (3.13)$$

Dle obr. č.3.8 fotovoltaické panely vyrobí v letním období [63]:

$$E_{\text{leto}} = 3440 \text{ kWh} \quad (3.14)$$

Fotovoltaika v letním období (duben–září) kompletně pokryje spotřebu celého domu. Přebytek  $P_{\text{leto}}$  bude prodán za 0,5 Kč/kWh do sítě [64]. Roční zisk  $Z$  z prodeje bude 588,5 Kč.

$$P_{\text{leto}} = E_{\text{leto}} - Q_{\text{leto}} = 3440 - 2263 = 1177 \text{ kWh} \quad (3.15)$$

$$Z = P_{\text{leto}} * 0,5 = 588,5 \text{ Kč} \quad (3.16)$$

#### 3.7.2 Zimní období

Dle obr. č.3.8 fotovoltaické panely vyrobí v zimním období (říjen–březen) [63]:

$$E_{\text{zima}} = 1360 \text{ kWh} \quad (3.17)$$

Při volbě **plynového kotle** zisk  $E_{zima}$  kompletně pokryje spotřebu dalších spotřebičů a částečně ohřev teplé vody. Náklady na energie v zimním období  $N_{plsolar}$  jsou:

$$N_{plsolar} = \frac{(Q_v - E_k) * D_p}{\eta_{pl}} + \frac{\frac{Q_o}{2} - (E_{zima} - \frac{Q_s}{2}) * D_p}{\eta_{pl}} + U_{pl} + P_{pl} \quad (3.18)$$

$$N_{plsolar} = \frac{(9900 - 1180) * 1,39}{0,98} + \frac{\frac{2600}{2} - (1360 - \frac{1926}{2}) * 1,39}{0,98} + 2000 + 2992 = 18\,648 \text{ Kč} \quad (3.19)$$

U infrapanelů, EPT a TČ tento zisk pokryje část energie potřebné na vytápění. Náklady na energie v zimním období při volbě **infrapanelů**  $N_{isolar}$  jsou:

$$N_{isolar} = \frac{(Q_v - E_k - E_{zima}) * D57d}{\eta_i} + \frac{\frac{Q_o}{2} * D57d}{\eta_{boj}} + \frac{Q_d}{2} * D57d + P_i \quad (3.20)$$

$$N_{isolar} = \frac{(9900 - 1180 - 1360) * 3,34}{0,98} + \frac{\frac{2600}{2} * 3,34}{0,96} + \frac{1926}{2} * 3,34 + 6396 = 39\,219 \text{ Kč} \quad (3.21)$$

Náklady na energie v zimním období při volbě **EPT**  $N_{esolar}$  jsou:

$$N_{esolar} = \frac{(Q_v - E_k - E_{zima}) * D57d}{\eta_e} + \frac{\frac{Q_o}{2} * D57d}{\eta_{boj}} + \frac{Q_d}{2} * D57d + P_e \quad (3.22)$$

$$N_{esolar} = \frac{(9900 - 1180 - 1360) * 3,34}{0,99} + \frac{\frac{2600}{2} * 3,34}{0,96} + \frac{1926}{2} * 3,34 + 6396 = 38\,969 \text{ Kč} \quad (3.23)$$

Náklady na energie v zimním období při volbě **tepelného čerpadla**  $N_{tcsolar}$  jsou:

$$N_{tcsolar} = \frac{(Q_v - E_k - E_{zima}) * D57d}{COP} + \frac{\frac{Q_o}{2} * D57d}{COP} + \frac{Q_d}{2} * D57d + P_{tc} + U_{tc} \quad (3.24)$$

$$N_{tcsolar} = \frac{(9900 - 1180 - 1360) * 3,34}{3,2} + \frac{\frac{2600}{2} * 3,34}{3,2} + \frac{1926}{2} * 3,34 + 6396 + 1040 = 19\,691 \text{ Kč} \quad (3.25)$$

### 3.7.3 Celkové roční náklady při použití fotovoltaického systému

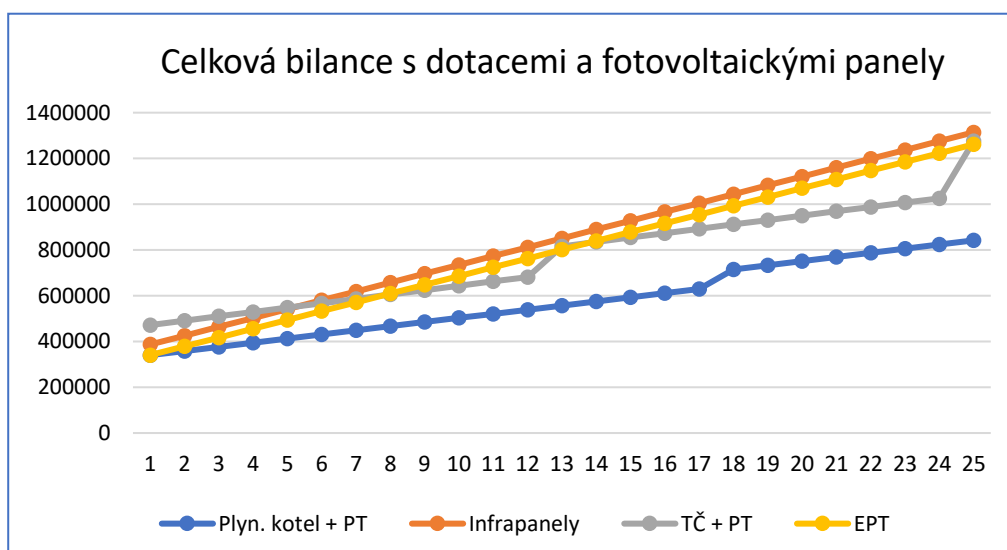
Fotovoltaický systém v létě pokryje celou spotřebu, a navíc generuje zisk  $Z$ . Dům bude odebírat energii ze sítě pouze v zimním období. Celkové roční náklady  $C_{pl}$ ,  $C_i$ ,  $C_e$  a  $C_{tc}$  jsou:

$$C_{pl} = N_{plsolar} - Z = 18\,648 - 588 = 18\,060 \text{ Kč} \quad (3.26)$$

$$C_i = N_{isolar} - Z = 39\,219 - 588 = 38\,631 \text{ Kč} \quad (3.27)$$

$$C_e = N_{esolar} - Z = 38\,969 - 588 = 38\,381 \text{ Kč} \quad (3.28)$$

$$C_{tc} = N_{tcsolar} - Z = 19\,691 - 588 = 19\,103 \text{ Kč} \quad (3.29)$$



Obr. 3.8 Celková bilance nákladů za 25 let včetně dotací a solárních panelů

Tab. 3.1 Roční úspora nákladů na energie při využití solární energie

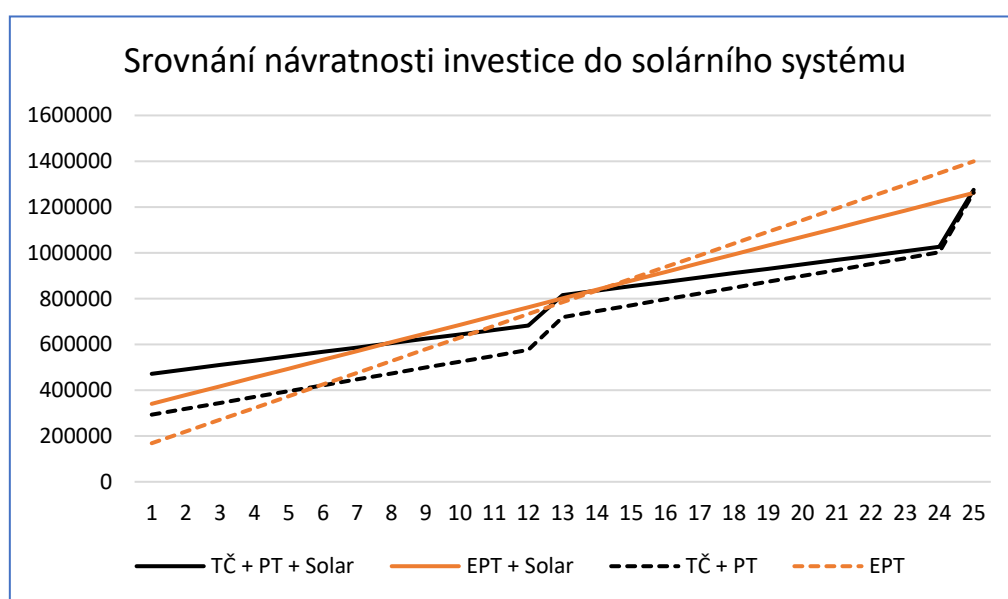
	Plyn. kotel + PT	Infrapanely	TČ + PT	EPT
Roční náklady s FV	18 059 Kč	38 634 Kč	19 103 Kč	38 381 Kč
Roční náklady bez FV	30 966 Kč	51 593 Kč	25 684 Kč	51 293 Kč
Roční úspora	41.7 %	25.1 %	25.6 %	25.2 %

Největší úspora (41,7 %) je u systému s plynovým kotlem. Je to z důvodu nejnižší spotřeby elektřiny. Zisk energie z fotovoltaických panelů nahradí větší procento spotřeby než u dalších systémů. Navíc je u plynu dražší sazba za kWh elektrické energie, což opět způsobí výraznější úsporu. Úspora u ostatních systému se pohybuje okolo 25 %.

### 3.7.4 Návratnost fotovoltaických panelů

Pro názornost návratnosti solárních panelů jsou zvoleny dva uvažované systémy v poslední fázi výběru (TČ a EPT) a byla porovnána jejich bilance v horizontu 25 let se solárními panely a bez solárních panelů. U elektrického podlahového topení se investice vrátí zhruba za 15 let, u tepelného čerpadla se dokonce nevrátí ani za 25 let. To je způsobeno nižší spotřebou tepelného čerpadla, roli také mohou hrát klimatické podmínky, protože se dům nachází na Vysočině. Panely také zabírají relativně malou plochu (a neposkytují tak velký výkon).

Při takto dlouhé době návratnosti (EPT) je na zvážení, zda se investice vůbec vyplatí. Během provozu se mohou objevit komplikace, které by provoz prodražily a investice by se poté ani nemusela vrátit. Dále je možné v jistých případech najít jiné způsoby, jak investovat daný obnos peněz. Investice se poté může vrátit mnohem dříve.



Obr. 3.9 Srovnání návratnosti investice do solárního systému u TČ + PT a EPT

Tab. 3.2 Srovnání celkových nákladů za 25 let

	Plyn. Kotel + PT	Infrapanely	TČ + PT	EPT
Prostá bilance	1,009,917 Kč	1,453,045 Kč	1,323,634 Kč	1,399,425 Kč
Bilance s dotacemi	984,326 Kč	1,453,045 Kč	1,263,634 Kč	1,399,425 Kč
Bilance s dotacemi a FV	841,820 Kč	1,314,081 Kč	1,275,609 Kč	1,261,631 Kč

### 3.8 Predikce do budoucna

Předchozí modelové výpočty vychází z předpokladu, že ceny energií budou po celou uvažovanou dobu stejné. To ale s největší pravděpodobností nebude pravda. Mohl by nastat scénář, že se ceny energií výrazně změní, což by ovlivnilo výběr vytápěcího systému. Proto byly namodelovány dva scénáře, jak by se ceny energií mohly v čase vyvinout.

#### 3.8.1 Varianta A

Většina expertů se shoduje, že do roku 2030 budou ceny elektřiny narůstat. Může za to především velký tlak na snížení emisí a přechod k obnovitelným zdrojům. To vyžaduje velké investice do nových zařízení a do energetické infrastruktury. V této variantě ale budeme předpokládat, že ceny energie porostou až do konce modelového období (25 let, rok 2045). Tomu by mohl nahrávat odstup Německa od jaderné energetiky nebo se například může zpozdit výstavba nových bloků jaderné elektrárny v Dukovanech, což by byl při současném uzavírání tepelných elektráren velký problém. Proto by v našem regionu vznikla větší poptávka po energii a ceny by stále stouply. [65]

V Německu se navíc diskutuje o navýšení uhlíkové daně, což by podle Mezinárodního měnového fondu způsobilo následující. [66]

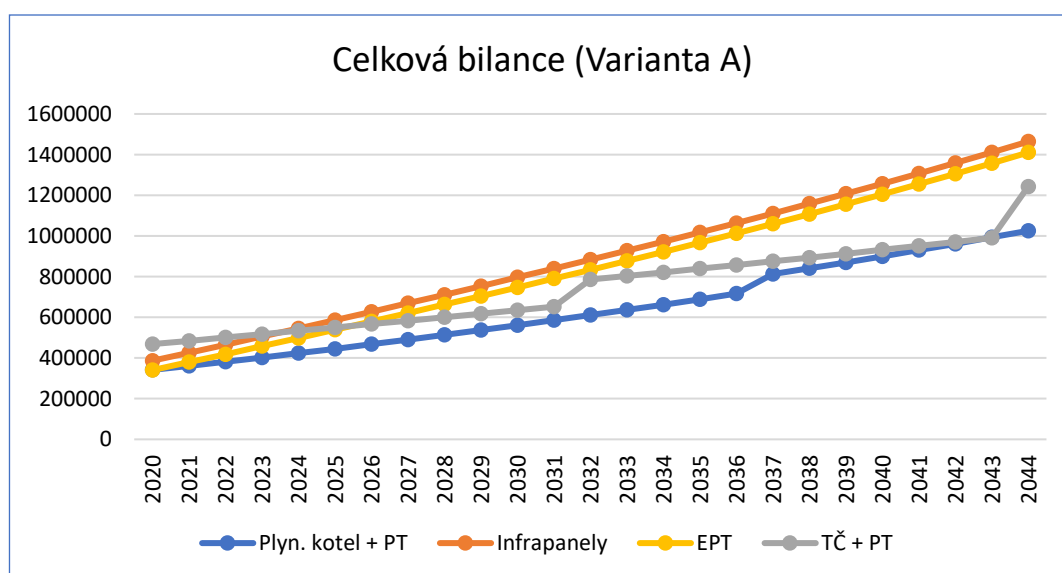
Uvažovaný nárůst cen za plyn do roku 2030: 50 %

Uvažovaný nárůst cen za elektřinu do roku 2030: 18 %

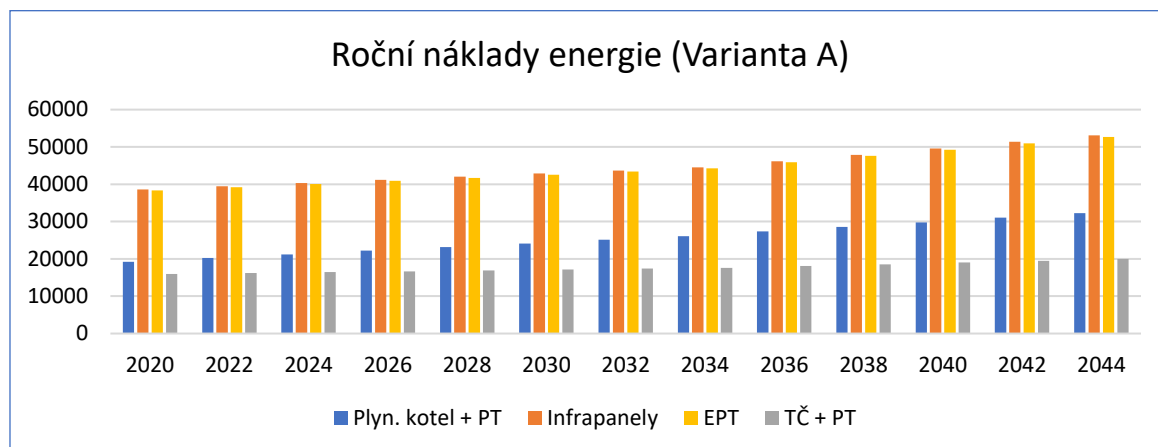
Nárůst cen plynu v období 2030–2045 je volen pouze 30 %. V této situaci je totiž očekáván již menší zájem o plyn a postupný přechod k obnovitelným zdrojům. Z toho důvodu nebude zdražovat stále stejným tempem. Zato po elektřině bude větší poptávka, a proto je volen nárůst 20 %.

Uvažovaný nárůst cen za plyn mezi lety 2030 a 2045: 30 %

Uvažovaný nárůst cen za elektřinu mezi lety 2030 a 2045: 20%



Obr. 3.10 Celková bilance do roku 2045 pro variantu A



Obr. 3.11 Roční náklady na energie (Varianta A)

### 3.8.2 Varianta B

Pro druhou variantu budeme také předpokládat růst cen do roku 2030. Po tomto datu vezmeme v úvahu velký rozmach a dostupnost obnovitelných zdrojů, dokončení dalšího bloku jaderné elektrárny v Dukovanech, výstavbu nových nádrží (které mohou být využity i jako vodní elektrárny) a další aspekty, které pomohou k energetické soběstačnosti ČR. To vše by teoreticky mohlo mít dopad na nižší cenu elektřiny po roce 2030. [65]

Stejně jako ve Variantě A, do roku 2030 využijeme predikce Mezinárodního měnového fondu. [66]

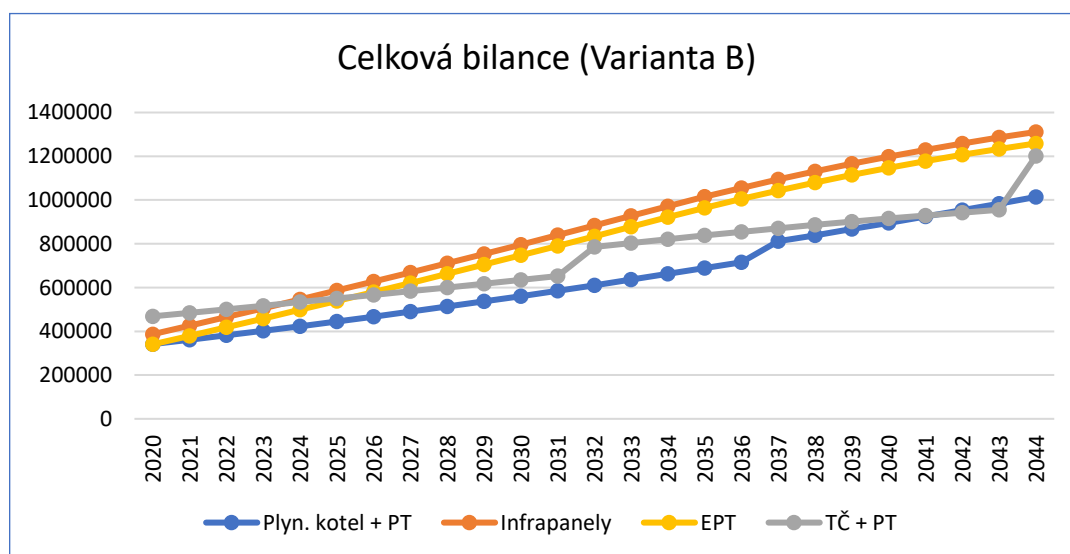
Uvažovaný nárůst cen za plyn do roku 2030: 50 %

Uvažovaný nárůst cen za elektřinu do roku 2030: 18 %

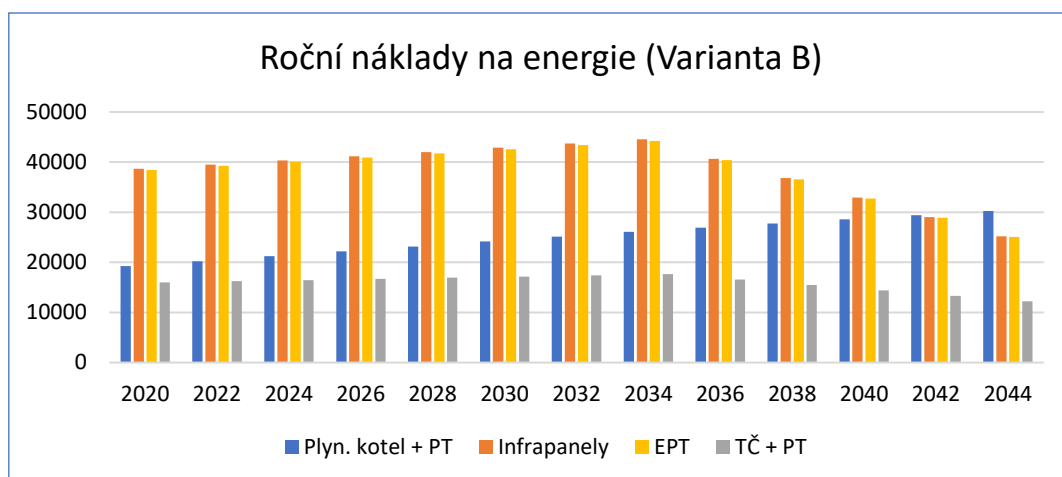
Plyn bude v období 2030–2045 nadále zdražovat, ale pomaleji, protože bude levnější elektřina. Po plynu tedy nebude taková poptávka.

Uvažovaný nárůst cen za plyn mezi lety 2030 a 2045: 20 %

Uvažovaný pokles cen za elektřinu mezi lety 2030 a 2045: 50 %



Obr. 3.12 Celková bilance do roku 2045 pro variantu B



Obr. 3.13 Roční náklady na energie (varianta B)

### 3.8.3 Porovnání varianty A a B

Ve variantě A došlo u plynu k nárůstu ročních nákladů o cca 13 000 Kč. U EPT a infrapanelů o 14 500 Kč a u TČ o 4 000 Kč.

Ve variantě B došlo u plynu k nárůstu ročních nákladů o 11 000 Kč. U ostatních systému došlo ke snížení ročních nákladů. U EPT a infrapanelů o 13 000 Kč a u TČ o 4 000 Kč.

Ve všech variantách je na konci období nejvýhodnější plynový kotel. Ve variantě B se ale rozdíl dramaticky zmenšil (oproti EPT o cca 38 %).

Obě tyto varianty jsou extrémní a nelze je brát jako přesnou predikci. Je však zajímavé, že v obou variantách stále vychází nejlevněji plynový kondenzační kotel.

Tab. 3.3 Srovnání nákladů za 25 let provozu ve třech variantách.

	Plyn. kotel + PT	Infrapanely	TČ + PT	EPT
Bez uvážení vývoje ceny energií	871,769 Kč	1,314,081 Kč	1,275,109 Kč	1,261,631 Kč
Varianta A	1,025,350 Kč	1,463,979 Kč	1,243,247 Kč	1,410,371 Kč
Varianta B	1,014,063 Kč	1,310,973 Kč	1,200,598 Kč	1,258,546 Kč

### 3.9 Zhodnocení

Z ekonomické bilance v horizontu 25 let vyšla jako nejlevnější varianta plynový kotel v kombinaci s teplovodním podlahovým topením, poté tepelné čerpadlo + PT, elektrické podlahové topení a nakonec infrapanely. Situace se změní po instalaci fotovoltaických panelů. Ty výrazně pomohou systému s infrapanely a EPT. EPT je poté výhodnější než TČ.

Nelze tedy obecně doporučit instalaci fotovoltaických panelů. V případě TČ se kvůli nízkým ročním nákladům instalace nevyplatí. Naopak u ostatních systémů instalace přinesla výraznou úsporu. V případě zájmu o fotovoltaické panely je nutné si řádně prostudovat všechny aspekty problematiky a zvážit, zda má instalace opravdu smysl.

Dále byly provedeny dva modelové výpočty pro extrémní vývoje cen po roce 2030. Varianta A počítá s extrémním nárůstem cen a varianta B s extrémním poklesem (mimo plyn). Cílem bylo zjistit, zda při daném vývoji cen bude některý ze systémů výrazně výhodnější. To se nepotvrdilo a v obou variantách vyšlo pořadí plyn. kotel, TČ, EPT, infrapanely.

Ekonomická bilance ovšem není jediný faktor, který hraje roli při rozhodování. Pokud je priorita bezobslužnost, nízké nároky na prostor pro technologii (kotel, vnitřní jednotka TČ), nulové servisní požadavky a minimální riziko poruchy, připadají v úvahu i infrapanely nebo elektrické podlahové topení. Zcela jistě bude zajímavé sledovat, jak se budou vyvíjet ceny vytápěcích systémů do budoucna. S technologickým pokrokem lze očekávat pokles pořizovacích cen, a poté by např. infrapanely nebo TČ mohly být ještě zajímavější volbou.

Každý ze systému má zcela jistě své místo na trhu. Pro zákazníka je v ideálním případě vypracována studie, na základě které se rozhodne o typu vytápění pro jeho RD.



## Závěr

V první části této bakalářské práce byla provedena rešerše moderních metod vytápění rodinných domů. Byly popsány technické prvky jednotlivých systémů, jejich výhody i nevýhody, ale i legislativní nařízení.

V druhé části byl proveden modelový výpočet na rodinném domě ve Žďáře nad Sázavou. Dům je právě ve výstavbě a jako vytápěcí systém bylo instalováno elektrické podlahové topení. Modelový výpočet provedl srovnání tohoto systému s třemi dalšími. Cílem bylo zjistit, zda je elektrické podlahové topení skutečně nejlepší volbou.

Výpočet byl proveden v několika krocích. První krok byly počáteční náklady, poté roční náklady na provoz a energie. Dále byly do výpočtu zařazeny dotace. V další kapitole byl do výpočtu zanesen solární systém. V poslední kapitole byly predikovány dvě varianty vývoje cen energií, které by mohly mít vliv na výhodnost některých systémů. To se však nepotvrdilo.

Instalovaný systém EPT nevyšlo jako ekonomicky nejvýhodnější. Po započtení všech proměnných vyšlo po 25 letech provozu o 6 % dražší než tepelné čerpadlo, o 25 % dražší než plynový kotel a o 4 % levnější než infrapanely (průměr z tří cenových predikcí, viz tab. 3.3). Elektrické podlahové topení ale naopak nevyžaduje žádnou údržbu ani servisní prohlídky, nezabírá žádné místo a téměř nemůže dojít poruše. Má také výrazně vyšší životnost než ostatní systémy. Pro požadavky stanovené v kapitole 3.2 lze tedy říci, že byla zvolena ideální metoda vytápění.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] *Kritéria NZEB a data platnosti požadavků* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/363-kriteria-nzeb-a-data-platnosti-pozadavku>
- [2] *Nízkoenergetické a pasivní domy* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/stavba/nizkoenergeticke-domy/pasivni-nizkoenergeticke-a-nulove-domy-co-je-co.aspx>
- [3] *ČSN 730540-2:2011 – Část 2: Požadavky* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <http://www.eazk.cz/csn-730540-22011-cast-2-pozadavky/>
- [4] *Budovy s téměř nulovou spotřebou energie* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://stavimbydlim.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/>
- [5] *Zhodnocení současného nastavení požadavků na budovu s téměř nulovou spotřebou energie* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/17991-zhodnoceni-soucasneho-nastaveni-pozadavku-na-budovu-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-pro-rodinne-domy>
- [6] *Požadavky na kotle na tuhá paliva v roce 2020* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/12909-co-musi-splnit-novy-kotel-na-tuha-paliva-po-roce-2020>
- [7] *Kotle na tuhá paliva* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.arecenze.cz/tepelne-kotle/kotle-na-tuha-paliva/>
- [8] *Kotle na tuhá paliva* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/17137-komfort-kotlu-na-tuha-pevna-paliva-cast-i>
- [9] VOTOUPAL, Adam. *Zplyňovací kotle*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav.
- [10] *Plynové kotle* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/vytapani/plynove-kotle/od-zari-koupite-pouze-kondenzacni-plynove-kotle-jak-je-to-s-ekonomikou-jejich-provozu.aspx>
- [11] *Návratnost plynového kotle* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/plynovy-kotel>
- [12] *Jak vybrat plynový kotel?* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jak-vybrat-plynovy-kotel.html>
- [13] RENFUS, Jaromír. *VYSOCE EFEKTIVNÍ KONDENZAČNÍ KOTEL NA ZEMNÍ PLYN* [online]. Brno, 2010. Diplomová práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav.
- [14] *Způsoby vytápění v RD v ČR* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhlText=paliva&bkvt=cGFsaXZh&katalog=all&pvo=OTCR119#w=>
- [15] *Co se změní u plynových kotlů od zří 2015?* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/12934-co-se-zmeni-u-plynovych-kotlu-od-zari-2015>
- [16] *Návratnost plynového kotle* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/plynovy-kotel>
- [17] *Návod k elektrokotli* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/files/downloads/navody-k-obsluze-a-instalaci/nio-ray-681196.pdf>
- [18] *Dimenzování tepelného čerpadla* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7995-dimenzovani-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda-bivalentni-zalozni-zdroj>
- [19] *Ceny elektřiny do budoucna* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/109138-ek-ceny-elektriny-porostou-zacit-klesat-by-mohly-kolem-2030>
- [20] *Co je kogenerace* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.cogentech.cz/co-je-kogenerace>

- [21] PEKÁREK, Michal. *KOGENERAČNÍ JEDNOTKY PRO RODINNÉ DOMY*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav.
- [22] *Jak fungují palivové články* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/elektromotory-pohony-a-stroje/16987-jak-funguji-palivove-clanky>
- [23] *Palivové články* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD\\_%C4%8DI%C3%A1nek](https://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD_%C4%8DI%C3%A1nek)
- [24] *Typy vodíkových článků* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elekriny/19331-topime-a-svitime-palivovym-clankem-cast-2-vodik-a-metanol>
- [25] *Vitavalor 300-P: palivočlánková mikrokogenerační jednotka pro obytné domy na evropském trhu* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elekriny/19331-topime-a-svitime-palivovym-clankem-cast-2-vodik-a-metanol>
- [26] *Podlahové topení* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/7443-dimenzovani-a-realizace-teplovodniho-podlahoveho-vytapani>
- [27] *Elektrické nebo teplovodní podlahové topení* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.anhydrit-podlahy.cz/podlahove-topeni/elektrika-nebo-voda>
- [28] *Využití sálavého vytápění a historie* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [https://www.fenixgroup.cz/sites/default/files/20181126\\_cs.pdf](https://www.fenixgroup.cz/sites/default/files/20181126_cs.pdf)
- [29] *Sálavé vytápění* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elekrinou/11073-varianty-salaveho-elektrickeho-vytapani>
- [30] *Infrapanely jako hlavní zdroj vytápění* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/vytapani-1/primotopy/infrapanely-vyplati-se-jako-hlavni-zdroj-vytapani.aspx>
- [31] *Weline bílý bezrámový infrapanel* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [https://www.usby.cz/produkt/produkty\\_we-line\\_bily\\_bezramovy\\_infrapanel/](https://www.usby.cz/produkt/produkty_we-line_bily_bezramovy_infrapanel/)
- [32] *Časté dotazy o infrapanelech* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.usby.cz/o-infratopeni-wellina-vyhody-nevyhody-princip-zapojeni-umisteni-regulace-pouziti/caste-dotazy-otazky-faq-odpovedi-infratopeni-infrapanely/>
- [33] *Výhody a nevýhody tepelného čerpadla* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.finance.cz/525163-vyhody-a-nevyhody-tepelneho-cerpadla/#Tep3>
- [34] *Vzduch - voda nebo země - voda* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/vzduch-voda-nebo-zeme-voda>
- [35] *Tepelná čerpadla voda - voda* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-voda-voda-studny>
- [36] *Weline bílý bezrámový infrapanel* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [https://www.usby.cz/produkt/produkty\\_we-line\\_bily\\_bezramovy\\_infrapanel/](https://www.usby.cz/produkt/produkty_we-line_bily_bezramovy_infrapanel/)
- [37] *Tepelná čerpadla pro vytápění* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/tepelna-cerpadla-pro-vytapani-odbornik-radi>
- [38] *Plynová absorpční tepelná čerpadla GAHP* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [https://www.robur.cz/spc\\_dwn.php?dl=fwdvn&d=6/&f=533.pdf&h=8a80028693&ns=1](https://www.robur.cz/spc_dwn.php?dl=fwdvn&d=6/&f=533.pdf&h=8a80028693&ns=1)
- [39] DANIEL, Marek. *Absorpční tepelná čerpadla a jejich využití v průmyslu*. Praha, 2015. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, FAKULTA STROJNÍ, ÚSTAV PROCESNÍ A ZPRACOVATELSKÉ TECHNIKY.
- [40] *Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivite-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>
- [41] *Topný faktor TČ* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-cop-ucinnost-tepelneho-cerpadla>
- [42] *Tepelné čerpadlo Convert aw14* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.ac-heating.cz/produkty/tepelne-cerpadlo-convert-aw14/>
- [43] *Národní energetický mix* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix>

- [44] Fotovoltaika v ČR [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/20184-ceska-fotovoltaika-se-v-roce-2019-zvedla-ze-dna-i-tak-vyrazne-zaostava-za-okolnimi-staty>
- [45] Czech solar power after years of stagnation [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://energytransition.org/2019/03/czech-solar-power-after-years-of-stagnation/>
- [46] Jak prodat elektřinu [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [http://www.ceska-solarni.cz/jak\\_prodat\\_elektrinu.php](http://www.ceska-solarni.cz/jak_prodat_elektrinu.php)
- [47] Pro a proti FV elektrárny u RD [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/cs/o-spolecnosti/clanky/jaka-jsou-pro-a-proti-fotovoltaicke-elektrarny-na-strese-rodinneho-domu/>
- [48] Tesla achieves solar roof production of 1,000 per week, but can they install them? [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://electrek.co/2020/03/16/tesla-solar-roof-production-1000-week-install/>
- [49] Solární tašky [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.solarnitasky.cz/>
- [50] Užitková voda [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/U%C5%BEitkov%C3%A1\\_voda](https://cs.wikipedia.org/wiki/U%C5%BEitkov%C3%A1_voda)
- [51] Akumulační nádrže [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/akumulacni-nadrze>
- [52] Tepelné čerpadlo v kombinaci s FV [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12074-tepelne-cerpadlo-v-kombinaci-se-solarnimi-panely>
- [53] Baterie pro RD [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.kkrenewableenergy.cz/produkty/hybridni-systemy/save-box-home/>
- [54] Recyklace fotovoltaických panelů [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaickych-panelu-na-konci-zivotnosti>
- [55] Solární baterie [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.dtest.cz/clanek-7890/solarni-baterie>
- [56] Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-teplou-vodu-a-elektrickou-energií-tzb-info>
- [57] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [58] Ceny elektrické energie 2020 [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energií/14-prehled-cen-elektricke-energie#d02>
- [59] Cenová nabídka na dodávku plynu [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/dodavka-zemniho-plynu-porovnani-nabidek?id=2791>
- [60] Nabídka dotací pro rodinné domy [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>
- [61] S-Power MIDI, Střední fotovoltaický systém [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [https://www.bohemiaenergy.cz/reseni-fve/?utm\\_source=Novinky.cz%20-%20FVE&utm\\_medium=PR%20%C4%8DI%C3%A1nek&utm\\_campaign=Novinky.cz%20-%20FVE#bonus-s-power](https://www.bohemiaenergy.cz/reseni-fve/?utm_source=Novinky.cz%20-%20FVE&utm_medium=PR%20%C4%8DI%C3%A1nek&utm_campaign=Novinky.cz%20-%20FVE#bonus-s-power)
- [62] Kolik elektřiny vyrobí fotovoltaické panely [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/kolik-elektriny-vyrobi-fotovoltaicke-panely/>
- [63] PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)
- [64] Výkup elektřiny z decentralních zdrojů [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [cez.cz/firmy/cs/vykup-elektriny-z-decentralnich-zdroju.html](http://cez.cz/firmy/cs/vykup-elektriny-z-decentralnich-zdroju.html)
- [65] Ceny elektřiny porostou, začít klesat by mohly kolem 2030 [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/109138-ek-ceny-elektriny-porostou-zacit-klesat-by-mohly-kolem-2030>

- [66] *PROGNÓZA MĚNOVÉHO FONDU: PLYN I ELEKTRINA MUSÍ ZDRAŽIT O DESÍTKY PROCENT* [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/prognoza-mmf-plyn-musi-zdrazit-o-desitky-procent-elektrina-take-jinak-se-emise-nesnizi-1469982>

## Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Veličina	Jednotka
$Q_v$	Potřeba energie na vytápění	kWh
$Q_o$	Potřeba energie na ohřev vody	kWh
$Q_d$	Spotřeba dalších spotřebičů	kWh
D57d	Sazba za elektřinu při tarifu D57 d	Kč/kWh
D02d	Sazba za elektřinu při tarifu D02 d	Kč/kWh
$D_p$	Sazba za plyn	Kč/kWh
$\eta_i$	Účinnost infrapanelů	[ - ]
$\eta_e$	Účinnost elektrického podlahového topení	[ - ]
$\eta_{pl}$	Účinnost plynového kondenzačního kotle	[ - ]
$\eta_{boj}$	Účinnost bojleru	[ - ]
$E_k$	Dodané teplo kamny	kWh
COP	Topný faktor tepelného čerpadla	[ - ]
$V_{pl,i,tc,e}$	Náklady na vytápění	Kč
$O_{pl,i,tc,e}$	Náklady na ohřev teplé vody	Kč
$S_{pl,i,tc,e}$	Náklady na další spotřebiče	Kč
$Q_{leto}$	Zisk energie z FV v letním období	kWh
$Q_{zima}$	Zisk energie z FV v zimním období	kWh
$P_{leto}$	Přebytek z FV v letním období	kWh
Z	Zisk z prodané energie do sítě	Kč
$N_{i,pl,tc,e}$	Roční náklady na energie	Kč
$P_{i,pl,tc,e}$	Stálé platby	Kč
$U_{pl,tc}$	Údržba	Kč
$N_{i,pl,tc,e \text{ solar}}$	Roční náklady na energie při využití FV	Kč
$C_{i,pl,tc,e}$	Celkové roční náklady na energie	Kč

## Seznam obrázků

- Obr. 2.1 Požadavky na prodej kotlů na tuhá paliva do roku 2022 [6]
- Obr. 2.2 Prohořivací kotel [8]
- Obr. 2.3 Ohořivací kotel [8]
- Obr. 2.4 Zplyňovací kotel [8]
- Obr. 2.5 Automatický kotel [8]
- Obr. 2.6 Plynový kondenzační kotel [12]
- Obr. 2.7 Elektrokotel [17]
- Obr. 2.8 Porovnání účinnosti konvenčních metod vytápění a výroby el. energie s mikrokogenerací [20]
- Obr. 2.9 Kogenerační jednotka s palivovým článkem Solenco Powerbox [24]
- Obr. 2.10 Průběh teploty u různých typů vytápění [26]
- Obr. 2.11 Stropní vytápění [28]
- Obr. 2.12 Sálavý panel [36]
- Obr. 2.13 Schéma kompresorového čerpadla vzduch – voda [37]
- Obr. 2.14 Domácí fotovoltaická elektrárna [47]
- Obr. 2.15 Akumulační nádrž [52]
- Obr. 2.16 Baterie pro Rd [53]
- Obr. 3.1 Modelový dům ve Žďáře nad Sázavou
- Obr. 3.2 Pohled ze zahrady (vpravo je kůlna)
- Obr. 3.3 Investiční náklady
- Obr. 3.4 Roční náklady na energie
- Obr. 3.5 Celková bilance nákladů za 25 let
- Obr. 3.6 Celková bilance za 25 let včetně dotací
- Obr. 3.7 Počet kWh, které solární panely vyprodukují v jednotlivých měsících. [63]
- Obr. 3.8 Celková bilance nákladů za 25 let včetně dotací a solárních panelů
- Obr. 3.9 Srovnání návratnosti investice do solárního systému u TČ + PT a EPT
- Obr. 3.10 Celková bilance do roku 2045 pro variantu A
- Obr. 3.11 Roční náklady na energie (Varianta A)
- Obr. 3.12 Celková bilance do roku 2045 pro variantu B
- Obr. 3.13 Roční náklady na energie (Varianta B)

## Seznam tabulek

Tab. 3.1 Roční úspory nákladů na energie při využití solární energie

Tab. 3.2 Srovnání celkových nákladů za 25 let

Tab. 3.3 Srovnání nákladů za 25 let provozu ve třech variantách.



## Seznam příloh

- 1 Výpočet potřeba tepla pro vytápění a ohřev vody dle kalkulačky [57]

Příloha č.1

Lokalita [\(Tabulka\)](#)

Město

Žďár nad Sázavou

Venkovní výpočtová teplota  $t_e$

= -17

°C

☐

$t_{em} = 12\text{ °C}$

☒

$t_{em} = 13\text{ °C}$

☐

$t_{em} = 15\text{ °C}$  [???](#)

Délka topného období

d = 200

[dny]

Prům. teplota během otopného období  $t_{es}$

= 3.1

°C

☒ Vytápění

Tepelná ztráta objektu

$Q_c = 6,7$

kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota  $t_{is}$

= 18

°C [???](#)

Vytápěcí denostupně

$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 2980$

K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i = 0.85$  [???](#)

$\eta_o = 1$  [???](#)

$e_t = 0.90$  [???](#)

$\eta_r = 0.98$  [???](#)

$e_d = 1.00$  [???](#)

Opravný součinitel  $\varepsilon$  [???](#)

☐

$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$

☒

$\varepsilon = 0.71$

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

35.7 GJ/rok

$Q_{VYT,r} = \langle 9.9 \text{ MWh/rok} \rangle$

☒ Ohřev teplé vody

$t_1 = 10$  °C [???](#)

$\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup> [???](#)

$t_2 = 55$  °C [???](#)

$c = 4186$  J/kgK [???](#)

$V_{2p} = 0.11$  m<sup>3</sup>/den [???](#)

Koeficient energetických ztrát systému  $z$

= 0.5

[???](#)

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 8.6 \text{ kWh}$$

Teplota studené vody v létě

$t_{svl} = 15$  °C

Teplota studené vody v zimě

$t_{svz} = 5$  °C

Počet pracovních dní soustavy v roce  $N$

= 350

[dny]

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$$

$Q_{TUV,r} = \langle \begin{matrix} 9.2 \text{ GJ/rok} \\ 2.6 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \langle \begin{matrix} 44.9 \text{ GJ/rok} \\ 12.5 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$

50